

# ÍNDEX MEMÒRIA

Índex memòria.....	1
Resum.....	5
Resumen .....	5
Abstract .....	6
Agraïments .....	6
<b>Capítol 1: Introducció.....</b>	<b>7</b>
1.1. Motivació .....	8
1.2. Objectius .....	9
1.2.1. Objectiu general.....	9
1.2.2. Objectius específics .....	9
1.2.3. Abast del projecte .....	10
<b>Capítol 2: XARXES DE DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA .....</b>	<b>11</b>
2.1. Sistema elèctric .....	11
2.2. Xarxes de distribució .....	13
2.2.1. Topologia de les xarxes de distribució .....	13
2.3. Defectes a les xarxes elèctriques .....	15
2.3.1. Tipus de defectes .....	15
2.4. Proteccions a les xarxes elèctriques .....	17
2.4.1. Parts d'un sistema de proteccions elèctriques .....	17
2.4.2. Característiques d'un sistema de proteccions .....	21
2.5. Norma IEC61850 .....	23
2.5.1. Introducció.....	23
2.5.2. Parts de la norma.....	24
2.5.3. Llenguatges definits per la norma.....	26
<b>Capítol 3: PLATAFORMA DOCENT DE PROTECCIONS .....</b>	<b>29</b>
3.1. Introducció .....	30
3.2. Elements del laboratori de partida.....	31
3.2.1. Equips .....	31
3.2.2. Les càrregues .....	38
3.2.3. PLC i software de visualització PL7 .....	39
3.2.4. Circuit de maniobra .....	41

3.2.5.	Circuit de potència .....	42
3.3.	Ampliacions realitzades .....	43
3.3.1.	Addició i configuració del SEPAM S80 .....	43
3.3.2.	Ampliació del sistema de comunicacions.....	44
3.3.3.	Implementació del Power SCADA Expert .....	45
3.3.4.	Realització d' un manual per a la posada en marxa del programa	46
3.3.5.	Control i monitorització d'un telerruptor a partir amb el SEPAM...	46
3.3.6.	Implementació del control als contactors i interruptors NS100 ....	49
3.3.7.	Monitorització dels contactors i interruptors NS100 al SEPAM.....	58
<b>Capítol 4: POWER SCADA EXPERT .....</b>		<b>63</b>
4.1.	Introducció .....	63
4.1.1.	Fonaments teòrics d'una interfície SCADA.....	64
4.2.	Procés industrial a supervisar .....	70
4.2.1.	Xarxa de distribució d'anell obert .....	70
4.3.	Funcionalitat del SCADA dins del procés.....	73
4.3.1.	Llistat de variables a supervisar .....	75
4.3.2.	Llistat de variables a controlar .....	79
4.4.	Comunicacions .....	79
4.4.1.	Tipus de xarxa de model de dades.....	79
4.4.2.	Configuració .....	80
4.5.	Posada en marxa del Power SCADA Expert.....	81
4.5.1.	Instal·lació .....	81
4.5.2.	Parts del programa .....	81
4.6.	Comunicació amb la plataforma .....	84
4.6.1.	Estructura de dades segons l'estàndard IEC61850 .....	84
4.6.2.	Adreça de les variables a supervisar .....	88
4.6.3.	Adreça de les variables a controlar .....	91
4.6.4.	Procediment per a establir comunicació.....	91
4.7.	Creació d'un projecte de verificació de les comunicacions.....	92
4.7.1.	Procediment per a la creació d'un projecte .....	92
4.7.2.	Verificació de les comunicacions.....	92
4.8.	Configuració del sistema de control .....	92
4.8.1.	Definició dels Tags de control al SCADA .....	92
4.8.2.	Definició d'equacions lògiques al SEPAM.....	93
4.9.	Disseny del sistema de supervisió .....	93
4.9.1.	Pàgina principal.....	95

4.9.2.	Esquema elèctric .....	97
4.9.3.	Supervisió de les variables principals .....	100
4.9.4.	Supervisió dels estats i altres dades .....	101
4.9.5.	Esquema de comunicacions .....	102
4.9.6.	Menú d'alarmes.....	103
4.10.	Resultats.....	103
4.10.1.	Simulació inicial .....	104
4.10.2.	Modificacions respecte la simulació inicial .....	108
<b>Capítol 5:</b>	<b>CONCLUSIÓ .....</b>	<b>114</b>
5.1.	Treballs futurs .....	115
<b>Capítol 6:</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>117</b>
6.1.	Referències bibliogràfiques.....	117
6.2.	Bibliografia de Consulta .....	118

Annexes a la memòria

## RESUM

El present projecte consisteix en la integració de la interfície Power SCADA Expert v7.40 del fabricant Schneider Electric a un laboratori de proteccions elèctriques situat a l'Aula Schneider de la EUETIB. El laboratori permet simular les diferents faltes que es poden donar a la xarxa elèctrica, com sobrecàrregues i curtcircuits.

L'ampliació duta a terme, ha permès incrementar les prestacions que oferia el laboratori. A part de la creació de defectes elèctrics, ara es poden supervisar i controlar una sèrie d'estats i variables, coneixent així, l'estat del laboratori en temps real.

El document redactat, pretén ser una ajuda per a la comprensió del software Power SCADA Expert v7.40, oferint un tutorial pas a pas del procediment necessari per a configurar i posar en marxa el programa, donant solució als problemes que puguin aparèixer.

La integració d'aquest programa al laboratori, pot ser útil de cara a la docència, introduint als alumnes en el funcionament d'un sistema SCADA. L'ús del tutorial redactat, també pot facilitar la redacció de guions de pràctiques de laboratori al personal docent.

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en la integración de la interfaz Power SCADA Expert v7.40 del fabricante Schneider Electric en un laboratorio de protecciones eléctricas situado en el Aula Schneider de la EUETIB. El laboratorio permite simular las diferentes fallas que se pueden dar en la red eléctrica, como sobrecargas y cortocircuitos.

La ampliación realizada, ha permitido incrementar las prestaciones que ofrecía el laboratorio. A parte de la creación de defectos eléctricos, ahora se pueden supervisar y controlar una serie de estados y variables, conociendo así, el estado del laboratorio en tiempo real.

El documento redactado, pretende servir de ayuda para la comprensión del software Power SCADA Expert v7.40, ofreciendo un tutorial paso a paso del procedimiento necesario para configurar y poner en marcha el programa, dando soluciones a los problemas que puedan aparecer.

La integración de este programa en el laboratorio, puede ser útil de cara a la docencia, introduciendo al alumnado en el funcionamiento de un sistema SCADA.

El uso del tutorial redactado, también puede facilitar la redacción de guiones de prácticas de laboratorio al personal docente.

## **ABSTRACT**

The present project consists in integrating the Power SCADA Expert interface version 7.40 in an electrical protections laboratory which has been developed for Schneider Electric. The electrical protections laboratory is located the EUETIB's Aula Schneider. This laboratory allows us to simulate the different electrical defects which can take place in an electrical grid, as overstress or short circuit.

The extension made, has enable the laboratory to gain in performance. Apart from creating electrical defects, up-to-day it is also possible to control some states and variables, knowing in real time, the laboratory conditions.

The aim of this document is to help understanding the Power SCADA Expert v7.40 interface, offering a guide in which is explained, step by step, the needed procedure for configuring and running the program. It could also be used for solving problems that could appear while using Power SCADA Expert v7.40.

The opportunity of integrating the program in the laboratory could be useful in terms of education. Using the guide can be useful for introducing students to an SCADA System. The guide could also facilitate the teachers the elaboration of the laboratory practices to be used in practical sessions.

## **AGRAÏMENTS**

Durant la realització del present projecte m'agradaria agrair a totes aquelles persones que m'han ofert la seva col·laboració i ajut per a poder tirar-lo endavant amb satisfacció.

En primer lloc, els meus agraïments al tutor, el professor Roberto Villafáfila Robles per haver-me guiat durant el desenvolupament del projecte i al professor Pau Lloret Gallego per la seva ajuda incondicional dia a dia amb els dubtes i problemes que anaven apareixent, sense el qual no hagués estat possible l'obtenció d'aquests resultats. També agrair al grup CITCEA per donar-me l'oportunitat de romandre a l'Aula Schneider durant el transcurs del projecte.

Els meus agraïments a l'Aleix Señis i l'Angel Silós de Schneider Electric per el suport tècnic rebut durant aquests mesos.

Per últim, volia agrair al professor Marc Lluva l'oportunitat d'assistir a les seves classes de sistemes d'informació i comunicació industrials i introduir-me en el món dels sistemes SCADA.

# **CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ**

El control de sistemes industrials es solia fer de forma manual, era necessari la presència d'operaris que estessin observant l'estat del procés mitjançant aparells de mesura o indicadors. D'això se'n anomena control descentralitzat.

A partir del desenvolupament tecnològic que es va anar donant a partir dels anys 60 en l'àmbit de l'automatització, es va aconseguir obtenir un control centralitzat sobre els processos industrials. Va ser llavors, quan van començar a aparèixer els primers PLC's i SCADA.

La plataforma docent de proteccions amb la que es treballarà consta d'un sistema totalment automatitzat a través del PLC, per tant és un exemple de control centralitzat, igual que la totalitat de processos industrials que es controlen avui dia.

## 1.1. Motivació

Les idees que han motivat la realització d'aquest projecte són:

- Ampliar coneixements sobre el funcionament de les línies de distribució elèctrica i les seves proteccions.
- Ampliar coneixements sobre el funcionament de les comunicacions d'una xarxa Ethernet, en particular, sobre l'estàndard IEC61850.
- El fet de realitzar un projecte tant amb part teòrica com amb demostració pràctica.
- Entendre el funcionament del laboratori de proteccions elèctriques i interpretar els esquemes elèctrics que altres estudiants van dissenyar, per així, poder-hi aplicar modificacions.
- Ampliar les funcions i prestacions de l'actual laboratori de proteccions elèctriques.
- El fet d'haver de recablejar equips.
- Conèixer i implementar la funció d'un sistema SCADA en una xarxa de distribució.
- Familiaritzar-se i fer proves amb el Power SCADA Expert versió 7.40. del fabricant Schneider.
- Dissenyar i construir una interfície que en un futur pugui servir per a fer pràctiques amb estudiants.

## 1.2. Objectius

### *1.2.1. Objectiu general*

L'objectiu principal d'aquest projecte és el disseny d'una interfície SCADA, que una vegada comunicada amb el laboratori de proteccions, en pugui supervisar i controlar les principals variables, estats i alarmes.

Simulant així, un sistema de supervisió de dades equivalent al que s'aplica en un procés industrial real on la informació de la planta es pot supervisar a distància.

El laboratori de proteccions representa una xarxa de distribució de mitja tensió, i per tant constarà d'un conjunt de relés programats i controlats per un autòmat que deixaran les línies de distribució sense alimentació quan es produeixi una falta en alguna càrrega.

Aquesta interfície SCADA instal·lada, permetrà supervisar tota la informació relacionada amb aquests relés programables (SEPAM), ja que es comunicarà directament amb ells mitjançant una xarxa Ethernet.

En el present projecte també es té com a objectiu, el fet d'aconseguir dissenyar la interfície amb el software Power SCADA Expert versió 7.40, un programari desenvolupat a partir del software Citect i cedit a la universitat per Schneider Electric.

### *1.2.2. Objectius específics*

A continuació es detallaran els objectius específics que permetran assolir l'objectiu principal:

- Profunditzar en una sèrie de fonaments teòrics per a la comprensió i desenvolupament del projecte.
- Familiaritzar-se amb el laboratori de proteccions i comprovar el seu correcte funcionament.
- Conèixer l'estat actual del laboratori i entendre cada ampliació que s'ha dut a terme fins ara, en projectes anteriors.
- Familiaritzar-se amb el tipus de comunicacions que hi ha entre cada element del laboratori.



- Realitzar millores, substituint material vell per un de nou. I configurar aquest des de zero.
- Fer proves de funcionament i comunicació amb el material nou instal·lat.
- Ampliació de les prestacions del laboratori. Instal·lació d'una interfície SCADA per a la supervisió i control de dades via Ethernet.
- Redacció d'una guia que pugui ajudar a treballar amb el programari Power SCADA Expert v7.4. i permeti dissenyar guions de pràctiques de laboratori amb facilitat.

### *1.2.3. Abast del projecte*

L'abast d'aquest projecte és continuar amb l'ampliació de les prestacions d'aquest laboratori de proteccions tal i com s'ha fet en projectes anteriors. Es vol aconseguir que aquest laboratori s'assimili al màxim a una xarxa de distribució elèctrica de mitja tensió, ja que així pot ajudar a la comprensió del funcionament d'una xarxa d'aquestes característiques.

Tenint en compte que és una simulació en una plataforma docent i que per tant, estarà manipulada per estudiants, per seguretat ha d'haver algunes restriccions com per exemple que la tensió de treball no sigui superior a 230V.

# CAPÍTOL 2: XARXES DE DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA

En el present capítol s'explicarà com funciona una xarxa de subministrament elèctric, quines parts la componen i quins tipus n'hi ha. Es mencionarà també, el tipus de proteccions elèctriques que s'hi poden trobar i el funcionament de les mateixes.

Per altra banda, es farà un resum sobre el protocol de comunicació utilitzat a les subestacions transformadores: *La Norma IEC61850*.

## 2.1. Sistema elèctric

El sistema de subministrament elèctric consta de quatre parts: La generació de l'energia, el transport, la distribució i el consum dels usuaris.

L'energia elèctrica es genera a les centrals elèctriques. Aquestes creen l'energia elèctrica a partir de la transformació d'una font d' energia primària.

Depenent del tipus d'aquesta font, podem diferenciar dos grans grups:

- **Generació d'energia renovable** :La generació d'energia elèctrica es dóna a partir de la transformació de fonts d'energia inesgotables o bé

capaces de regenerar-se per medis naturals. Com per exemple, l'energia solar o la eòlica.

- **Generació d'energia no renovable:** La generació d'energia elèctrica es dona a partir de la transformació de fonts d'energia que es troben de forma limitada a la naturalesa com els combustibles fòssils o nuclears.

Generalment les centrals de generació elèctrica poden generar valors d'energia entre 3kV i 36 kV.

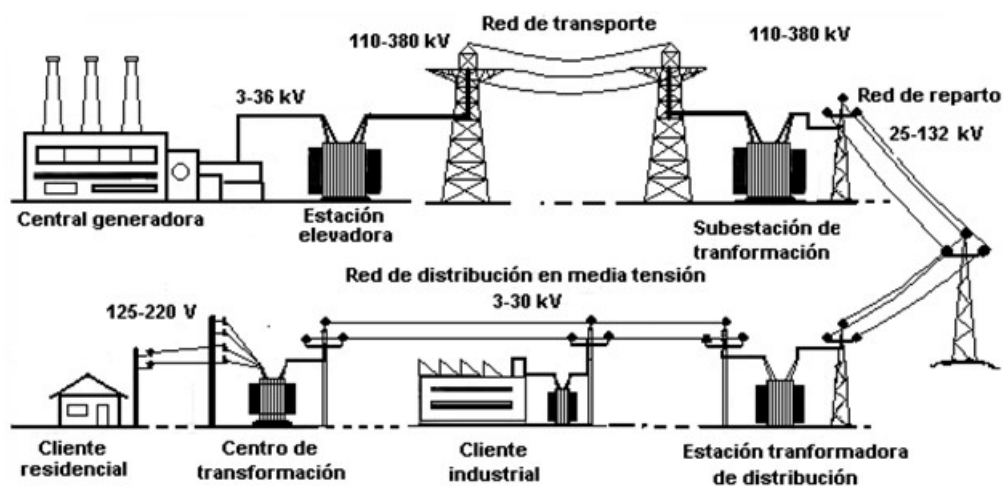
Com encara no existeixen mecanismes per a emmagatzemar una gran quantitat d'electricitat, aquesta s'ha de generar sabent que es consumirà al moment. És a dir, la generació ha de seguir la corba de demanda d'energia elèctrica. Si la demanda augmenta, també ho ha de fer el subministrament d'energia.

Per a enllaçar el punt de generació amb la xarxa de distribució de l'energia és necessària una xarxa de transport. Aquesta és una xarxa interconnectada entre si en forma de malla, per tal de garantir la continuïtat del subministrament.

La xarxa de transport està a molt alta tensió (220kV- 400kV) per tal de reduir al màxim les pèrdues elèctriques que es puguin ocasionar al transportar l'energia.

Finalment quan l'energia ja ha estat transportada a prop de la zona de consum, aquesta es distribuirà als usuaris a partir d'unes línies aèries o subterrànies.

Donat que l'energia es transportada a molt alta tensió, per arribar al consumidor, s'haurà de baixar la tensió mitjançant subestacions de transformació



**Figura 1.** Parts d'una xarxa de subministrament elèctric. Font: Wikipedia

## 2.2. Xarxes de distribució

La part del subministrament elèctric que s'ampliarà en aquest projecte, és la corresponent a les xarxes de distribució.

Aquesta part, s'explicarà amb més detall ja que mitjançant el laboratori de proteccions, es vol emular una xarxa d'aquest tipus amb les corresponents proteccions elèctriques.

La distribució de l'energia elèctrica es realitza en dos trams diferenciats:

- El primer tram correspon a la xarxa principal, que partint de les subestacions de transformació, reparteix l'energia mitjançant anells fins arribar a les estacions transformadores de distribució.  
Es fa referència a tensions compreses entre 25 i 132 kV. Hi ha estacions transformadores al llarg del tram per a reduir la tensió fins a valors corresponents als de mitja tensió.
- El segon tram és la xarxa secundària. Aquesta té una estructura radial ja que ha de cobrir tota la superfície on es troben tots els grans centres de consum. Té unes tensions de funcionament de 3 a 30 kV.  
Aquesta part de la xarxa, uneix les estacions transformadores de distribució amb els centres de transformació, on les tensions a la sortida ja són baixa tensió (220 V/380 V).

### *2.2.1. Topologia de les xarxes de distribució*

Depenent de la forma d'interconnexió amb la xarxa de mitja tensió, les condicions del terreny, la demanda de potència o el capital econòmic, es disposa de varies maneres per a distribuir l'energia elèctrica fins als centres de transformació.

En baixa tensió, existeixen diferents tipus de xarxes de distribució: Lineal, en anell obert, en anell tancat, radial i de doble radial. Les més comunes són les xarxes amb estructura d'anell, tot i que no tenen perquè ser les més eficients, es solen triar per una qüestió econòmica.

Seguidament es profunditzarà una mica més amb el tipus de xarxa d'anell obert, ja que és la que s'ha intentat emular al laboratori de proteccions.

### Xarxa d'anell obert

Aquesta topologia de xarxa consisteix en enllaçar les càrregues en una estructura de tipus anell partint d'un punt d'alimentació.

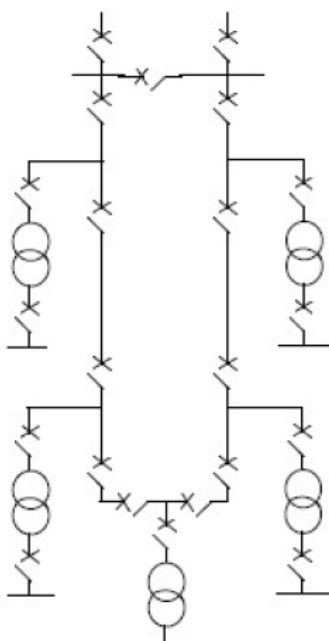
L'estructura d'aquesta xarxa està pensada per a que no estigui mai tancada, i per tant no es curtcircuiti. Per aquest motiu sempre hi ha algun punt on l'anell estarà obert.

En les xarxes d'anell obert, un mateix tram es pot alimentar per punts diferents i per aquest motiu, s'utilitza en situacions on es vol augmentar la fiabilitat del servei. És a dir, si hi hagués una averia en un punt de l'anell, es podria mantenir el servei alimentant des d'un altre punt.

Quan es detecta una falta, s'obren els dos interruptors adjacents a la falta, es tanquen els interruptors d'enllaç i queda restablert el servei instantàniament.

En general, la continuïtat del servei i la regulació de la tensió que ofereix aquest sistema, són millors que les que dona el sistema radial. Tot i així, aquest té un cost inicial major i pot tenir més problemes de creixement que el sistema radial.

L'esquema d'una xarxa d'anell obert es mostra a la següent imatge.



**Figura 2.** Xarxa de distribució d'anell tancat. Font: TFG Pau Manero

## 2.3. Defectes a les xarxes elèctriques

A tot sistema elèctric es poden donar diferents tipus de defectes que poden ser peril·losos tant per a les persones com per als equips. El defecte serà més o menys destructiu segons l'origen i la durada d'aquest.

Segons l'origen, es pot distingir entre defectes ocasionats per la mateixa xarxa elèctrica com pot ser una sobretensió, els provocats per una acció humana com podria ser un contacte indirecte o per fenòmens atmosfèrics com pot ser l'impacte d'un llamp.

Segons la durada del defecte, aquest pot ser temporal o permanent.

### *2.3.1. Tipus de defectes*

Els defectes més típics en xarxes elèctriques són el curtcircuit de fase-terra, curtcircuit de fase-fase, sobrecàrregues i desequilibris.

#### **Curtcircuit**

Un curtcircuit és una connexió entre dos terminals d'un circuit elèctric, lo que provoca una anul·lació parcial o total de la resistència al circuit. Això comporta un augment significatiu de la corrent que el travessa.

Se'n diferencien alguns tipus:

#### **Curtcircuit entre fase-terra**

Aquest tipus de curtcircuit és el més comú a la xarxa elèctrica. Té lloc quan una de les fases de la xarxa elèctrica entra en contacte directa o indirectament amb terra. Aquest defecte es pot produir degut a un mal aïllament d'una fase que provoqui el contacte d'aquesta amb terra.

És altament perillós per a les persones ja que pot posar en tensió una massa que en condicions normals no ho està i provocar danys importants a les persones. També pot provocar incendis, sobretensions i sobreescalfaments que arribin a fondre algun element de la instal·lació elèctrica com son les preses de terra.

Es pot donar amb xarxes monofàsiques, bifàsiques i trifàsiques.

### Curtcircuit entre fase-fase

En aquest cas, el curtcircuit es produeix quan dos fases de la xarxa elèctrica entren en contacte accidentalment.

Pot donar-se si la distància entre fases és molt poca o si per motius de desgast aquestes tenen l'aïllant amb males condicions i permet el contacte.

Pot produir danys al material, degradació d'aïllants, incendis, explosions i pot arribar a deformar els barres a causa dels efectes electromagnètics.[1]

Aquest tipus de curtcircuit és menys usual que el primer però també molt més perillós.

### Sobrecàrregues

Una sobrecàrrega es produeix quan el consum de potència dins d'un circuit, supera el valor de potència pel qual el circuit ha estat dissenyat.

Quan es dona una sobrecàrrega en un circuit significa que a través d'aquest, circula més corrent del que hauria de circular i per tant, els conductors no estan preparats per a aguantar-la.

Com a conseqüència, es produeix un sobreescalfament als conductors que pot derivar en fusió de l'aïllament o en incendi. Per altra banda, una sobrecàrrega també pot produir danys als equips que estan connectats a aquell circuit.

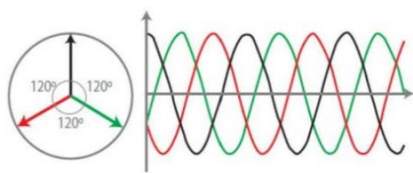
Aquest defecte pot ser ocasionat per un augment excessiu del consum, per la disminució del factor de potència, per la disminució de la tensió a la xarxa i per l'augment de la temperatura ambient.

### Desequilibris

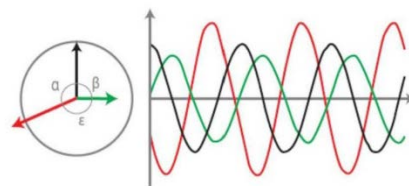
Un altre tipus de defecte en una xarxa elèctrica són els desequilibris. Existeixen desequilibris tant en tensió com en corrent.[2]

Es diu que un sistema d'energia trifàsic està equilibrat o simètric si les tensions i corrents trifàsiques tenen la mateixa amplitud i presenten un desplaçament de fase de 120 graus entre elles. Si no es compleix alguna d'aquestes condicions, el sistema es denomina desequilibrat.

Els desequilibris poden comportar sobreescalfament dels conductors, l'actuació dels interruptors de protecció, el mal funcionament i la reducció de la vida útil dels equips i fins i tot el possible pas de corrent pel neutre en sistemes trifàsics connectats en estrella.



**Figura 4.** Sistema trifàsic equilibrat. Font: mecfi.es



**Figura 3.** Sistema trifàsic desequilibrat. Font: mecfi.es

## 2.4. Proteccions a les xarxes elèctriques

Per a evitar les conseqüències que aquests defectes poden ocasionar a la xarxa i als consumidors, s'ha d'instal·lar una sèrie de proteccions elèctriques, que es descriuran en el següents punts.

### 2.4.1. Parts d'un sistema de proteccions elèctriques

Un sistema de protecció per a qualsevol instal·lació elèctrica està compost generalment d'aquests elements:

- a) Elements de protecció.
- b) Elements de mesura.
- c) Interruptors automàtics.
- d) Sistema d'alimentació del sistema de proteccions.
- e) Sistema de comunicacions.

A continuació es farà una breu descripció de totes les parts que componen un sistema de protecció.

#### a) Elements de protecció

Alguns dels elements de protecció més comuns són els fusibles i els relés de protecció.

##### Fusibles

Un fusible és un dispositiu que té com a finalitat la protecció d'un circuit davant una sobrecàrrega. Està constituït per un filament d'un metall o aliatge amb baix punt de fusió de forma que quan circuli una corrent excessiva a través seu, l'aliatge es fongui degut al efecte joule i obri el circuit.



Aquest nivell de corrent que fa actuar al fusible fluctua entre 2 o 3 vegades la corrent nominal per a la qual està preparat el circuit. És el dispositiu més antic de protecció contra sobrecarregues que existeix.



**Figura 6.** Fusible cos de ceràmica. Font : RS



**Figura 5.** Fusible cos de vidre. Font: RS

## Característiques elèctriques

Els fusibles es poden definir a través d'una sèrie de paràmetres elèctrics.

- Intensitat nominal

És la quantitat de corrent elèctric amb el qual el fusible és capaç de conduir indefinidament sense desconnectar.

Tot i que el pas d'aquest valor de corrent a través d'un dispositiu comporta un escalfament, aquest no serà suficient per a fondre el filament intern de fusible.

Per a seleccionar la corrent nominal d'un fusible és necessari conèixer la corrent nominal que circula pel circuit. Aquesta corrent ha de suposar un 80% de la corrent nominal del fusible. Si en el circuit es troba algun motor, la corrent nominal del fusible es dimensiona al 175%.

- Intensitat convencional de fusió

És el valor determinat de corrent que provoca la fusió del filament del fusible i per tant, que aquest obri el circuit.

- Intensitat convencional de no-fusió

És el valor màxim de corrent que pot suportar el fusibles sense fondre.

- Corrent màxima de ruptura

Aquesta corrent correspon al valor més gran de corrent de falta que el fusible es capaç d'interrompre.

- Corrent mínima de tall

Per valors inferiors a aquesta intensitat, el fusible es fon, però no tallarà completament el pas de corrent, ja que es mantindrà un arc al seu interior. Mentre això succeeix, es pot arribar a produir una explosió.

- Capacitat de ruptura

És la màxima corrent de curtcircuit que el fusible es capaç d'interrompre a tensió nominal sense que es produeixin danys físics en el dispositiu. Aquest valor ve designat pel fabricant qui prèviament ha sotmès al dispositiu a un seguit de proves per a verificar que aquest pot garantir el valor de capacitat de ruptura que se li ha assignat.

- Voltatge nominal

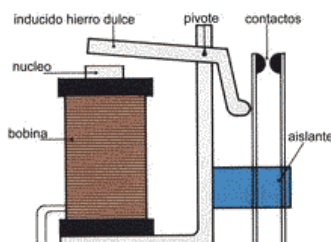
És el valor màxim de tensió al que pot estar sotmès un fusible. Aquest voltatge nominal ha de ser igual o superior al voltatge nominal del circuit on s'utilitzarà el fusible. Si el voltatge nominal d'aquest fusible fos menor al del circuit, aquest no resistiria la diferència de potencial i es destruiria.

Tot i que els fusibles són elements de protecció molt antics, segueixen sent utilitzats a l'actualitat ja que presenten una sèrie d'avantatges:

- No tenen parts mòbils. És a dir, la contaminació que hi ha al ambient com pot ser la humitat, la pols o els gasos no afecta a la seva qualitat de protecció.
- No requereixen manteniment periòdic, com la que necessitaria un aparell electromecànic de protecció.

## b) Relés de protecció

Un relé és un dispositiu de protecció electromagnètic. Consta de dos circuits diferents: Un circuit electromagnètic (electroimant) i un circuit de contactes el qual volem controlar.



**Figura 7.** Mecanisme d'un relé. Font: *Electronicafacil*

El seu funcionament es basa en el fenomen electromagnètic. Quan el corrent travessa la bobina, es produeix un camp magnètic que magnetitza un nucli de ferro. Aquest atreu un camp induït que força els contactes a tocar-se. Quan el corrent es desconnecta, els contactes tornen a separar-se.

Els relés als quals es farà referència en aquest projecte, són dispositius programables capaços d'actuar a partir de lectures obtingudes en temps real de la xarxa.

Els relés són els encarregats de detectar qualsevol falta o desequilibri a la xarxa i quant això succeeix, ordenen als interruptors automàtics que obrin el circuit i per tant es talli el pas de corrent.

Els relés programables, contenen la lògica que han de seguir els interruptors automàtics i tenen un temps ràpid d'actuació.

Dins d'un sistema de proteccions, aquests tenen la finalitat d'evitar danys als equips, a les persones i a les instal·lacions, limitar els efectes que un defecte pot causar i mantenir el servei del sistema ininterrompudament. En el present projecte, els relés programables que s'utilitzaran són els SEPAM del fabricant Schneider Electric.

L'avantatge que presenten els relés programables respecte els típics fusibles, és el fet de poder prendre mesures i lectures a temps real sobre l'estat del sistema i poder modificar-ne la programació interna de les corbes de dispar segons convingui.

Com a desavantatge, els relés programables tenen un cost bastant més elevat que els fusibles.

**c) Elements de mesura**

Els elements de mesura són importants ja que permeten saber l'estat en el qual es troba el sistema. Entre altres, recullen senyals de tensió, corrent i freqüència.

També redueixen les senyals de tensió i corrent al nivell que els relés de protecció necessiten per a funcionar.

En podem distingir els transformadors de corrent i de tensió.

**d) Interruptors automàtics**

Els interruptors automàtics són imprescindibles en un sistema de proteccions elèctriques ja que són els encarregats d'obrir el circuit quan es detecta una falla i rearmar-lo quan aquesta ja ha estat solucionada.

En el present projecte, aquests estaran controlats a partir dels relés programables.

**e) Sistema d'alimentació del sistema de proteccions**

El sistema d'alimentació, permet mantenir alimentats els elements que componen el sistema de proteccions, tant interruptors com relés. En aquest cas, els interruptors automàtics i els relés programables estaran alimentats a 230 V AC.

**f) Sistema de comunicacions**

El sistema de comunicacions és important ja que permet conèixer l'estat dels elements de protecció. D'aquesta forma es pot actuar sobre ells i analitzar l'estat del conjunt del sistema elèctric.

*2.4.2. Característiques d'un sistema de proteccions*

Per assegurar un bon funcionament d'un sistema de proteccions, aquest hauria de tenir les següents característiques.

**I. Seguretat**

La seguretat és la característica més important que ha de tenir un sistema de proteccions ja que és essencial que aquest no suposi un perill per a equips o persones.

Tenint un sistema de proteccions compost per relés, aquest es considera segur si els relés no actuen en situacions on no és necessària la seva actuació. És a dir, un relé que actuï de forma inesperada quan haurien d'estar actuant altres proteccions, ens suposa estar treballant amb un sistema de proteccions amb un baix grau de seguretat.

## **II. Fiabilitat**

Un sistema de protecció es considera fiable segons el grau de certesa que es tingui de que un relé actuarà en el moment que sigui necessari. Es considera que el relé té un grau de fiabilitat òptim si aquest actua quan toca.[3]

## **III. Selectivitat**

Durant el disseny d'un sistema de proteccions, el concepte de selectivitat és molt important per a establir una jerarquia entre els relés de protecció. Això significa, definir quina protecció té més preferència l'hora d'actuar respecte una altra i per tant tenir definida una seqüència d'actuació.

Així es garanteix que quan es doni una falta en un punt determinat del sistema, actuï en primer lloc, la protecció que s'encarrega de cobrir aquella part, i no una altra.

Tot i així, sempre hi ha una protecció de suport que actuaria en cas que la primera tingués algun problema.

Hi ha diferents tipus de selectivitat [4]:

- Amperimètrica
- Cronicomètrica
- Lògica
- Direccional
- Diferencial

Els tipus de selectivitat més utilitzada en línies de mitja tensió són la selectivitat amperimètrica i la selectivitat cronicomètrica.

- **Selectivitat amperimètrica**

La selectivitat amperimètrica es basa en el fet de que quan més a prop s'està del punt de defecte de l'alimentació, més elevada és la intensitat de curtcircuit. Per tant, es possible discriminar la zona en que es produeix el defecte ajustant les proteccions instantànies a diferents nivells d'intensitat.

- **Selectivitat Cronomètrica**

La selectivitat cronomètrica, a part de tenir en compte el valor del corrent com a l'anterior, també es defineix un temps de dispar. Per un determinat valor de corrent, i passat un retard prèviament definit, la protecció dispararà.

La idea és anar augmentant progressivament els nivells d'intensitat i retard de desconexió a mesura que ens acostem a la font d'alimentació.

## 2.5. Norma IEC61850

### 2.5.1. Introducció

Cada fabricant d'equips solia treballar amb un protocol de comunicació diferent, dificultant així, la comunicació entre IEDs de diferents fabricants.

Per a posar solució a aquest problema, es va crear la norma IEC61850 a fi d'unificar tots aquests protocols en un de sol acordat per organismes de diferents països. L'objectiu de la creació d'aquesta norma és la interoperabilitat entre equips de diferents fabricants evitant així l'ús de conversors de protocols.

L'IEC61850 va ser desenvolupada aproximadament per 60 experts d'Europa i Amèrica del Nord. La norma és un estàndard mundial pensada per a l'àrea de la indústria elèctrica i concretament l'automatització de sistemes i xarxes de comunicació a subestacions.

L'ús de la IEC61850 en aquest sector ha estat possible, en part, gràcies al desenvolupament de les xarxes LAN a les subestacions. Tot això permet el tractament i l'anàlisi d'informació de la subestació de forma remota.

Tot i que inicialment anava dirigida al sector de les subestacions, s'ha vist que aquesta, també es pot extrapolar a altres sectors de la indústria elèctrica com per exemple als sistemes de potència.

Alguns avantatges de la norma són[5]:

- Assegurar la interoperabilitat entre varis IEDs.
- La independència de proveïdors en projectes. És a dir, els equips poden ser de fabricants diferents, ja que es podran comunicar entre ells.

- Comunicació amb equips de potència. Els IED de diferents fabricants poden intercanviar informació sobre medis de comunicació comuns.
- Reducció del cablejat elèctric. A l'utilitzar xarxes LAN a les subestacions, es pot prescindir de molt cablejat de coure que abans era imprescindible i molt costós.
- L'estàndard està dissenyat per a poder-se adaptar fàcilment a nous avenços tecnològics.

### *2.5.2. Parts de la norma*

La norma IEC 61850 consta de catorze parts principals, on s'inclouen deu capítols. Les catorze parts van ser presentades per primer vegada al 2004.

A continuació es nombraran aquestes parts i es farà un breu resum del seu contingut.[6]

#### **IEC 61850-1: Introducció i vista general**

En aquest apartat es defineix la comunicació entre dispositius electrònics intel·ligents (IEDs) a la subestació i els requeriments relacionats amb el sistema. El primer capítol és una introducció general de la norma.

#### **IEC 61850-2: Glossari**

Aquest document defineix vocabulari específic que s'utilitza al llarg de la norma, per així poder-la entendre en la seva totalitat.

#### **IEC 61850-3: Requeriments generals**

A part s'especifiquen els requeriments generals de la xarxa de comunicacions, fent èmfasi en els requeriments de qualitat.

#### **IEC 61850-4: Sistema y administració del projecte**

En aquest capítol es descriu la gestió del sistema i del projecte fent referència: Al procés d'enginyeria i les seves eines de suport, al cicle de vida dels IEDs, el seguiment d'un dispositiu i el sistema d'automatització de la subestació (SAS) des de la seva etapa de desenvolupament fins que queda fora de servei.

### **IEC 61850- 5: Requeriments de comunicació per a les funcions i modelat d'equips**

En aquest cinquè apartat es fa referència als requeriments per a la comunicació i als models dels dispositius. S'identifiquen totes les funcions conegudes i els requeriments de comunicació entre els diferents IED que es troben a la subestació.

### **IEC 61850-6: Llenguatge de descripció de la configuració para sistemes de automatització**

Al sisè apartat de la norma, s'especifica un format d'arxiu per a descriure les configuracions de comunicació entre diferents IEDs. Aquest tipus d'arxiu és el Substation Configuration description (SCL).

### **IEC 61850-7: Estructura bàsica de comunicació para la subestació y alimentadors.**

En el setè punt del document, s'expliquen els següents conceptes:

- Mètodes d'informació específics per als sistemes d'automatització de les subestacions (SAS).
- Les funcions o paràmetres utilitzats a les subestacions.
- Els sistemes de comunicació per a proporcionar interoperabilitat dins les subestacions.
- Arquitectura de comunicació a les subestacions
  - Descripció de la interfície Abstract communication service interface (ACSI).
  - Especificació dels serveis de comunicació abstractes.
  - Explicació de l'estructura de base de dades de l'equip.
- Explicació del tipus de dades comunes.
- Especificació dels noms dels nodes lògics i dels seus atributs.

### **IEC 61850-8: Serveis de comunicació específics de mapeig (SCSM)- MMS**

En aquest apartat es fa una breu explicació sobre el protocol MMS (Manufacturing Message Specification).



Aquest és un estàndard que va ser desenvolupat amb un objectiu d'aplicació industrial. El mapeig permet l'intercanvi de dades sobre xarxes locals ISO/IEC 8802-3 entre els diferents equips que es troben en una subestació. L'intercanvi de dades permet la monitorització en temps real de dades de control.

Dins d'una subestació els serveis més utilitzats són mapejats en el IEC 61850-8-1 al protocol MMS.

### **IEC 61850-9: Serveis de comunicació específics de mapeig (SCSM)- SV**

Aquest apartat va exclusivament dedicat a l'aplicació de transformadors de mitja tensió i corrent amb sortida digital via una unitat concentradora per a la seva utilització amb instruments electrònics de mesura i protecció.

A l'apartat 61850-9-1 es defineix que per a sortides digitals, l'estàndard considera connexions punt a punt des de la unitat concentradora als instruments electrònics de mesura. Per altra banda, al apartat 61850-9-2 explica com els serveis utilitzats per a transmetre mesures digitals es poden mapejar sobre una xarxa Ethernet.

### **IEC 61850-10: Proves de conformitat**

Els fabricats dels equips que utilitzen la IEC61850 han de certificar que aquests compleixin amb les especificacions de la norma. En aquest apartat s'especifica com s'han de realitzar les proves de conformitat als diferents equips; quina documentació i quines condicions són necessàries per a fer-ho.

#### *2.5.3. Llenguatges definits per la norma*

Per a poder intercanviar informació entre els IEDs de diferents fabricants, la norma defineix un llenguatge de descripció de configuració de subestacions anomenat SCL. Aquest llenguatge, també especifica les diferents connexions existents entre els equips de la subestació.

SCL és l'acrònim de Substation Configuration Language (Llenguatge de Configuració de Subestacions). Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest llenguatge ve definit per l'IEC61850, concretament a l'apartat 6 d'aquesta norma.

El seu objectiu principal és l'intercanvi interoperable d'informació entre les eines de configuració dels diferents fabricants. També permet obtenir una descripció estandarditzada de la funcionalitat del sistema d'automatització, l'estructura lògica de la comunicació del sistema i la relació entre els equips i les seves funcions. És un llenguatge basat en el format XML.

Per a que es pugui donar aquest intercanvi d'informació entre diferents IED, un arxiu SCD ha de proporcionar la següent informació [7]:

- Descripció de la topologia i noms de l'aparellatge.
- Descripció de les capacitats i la configuració dels dispositius IED.
- Relació entre les funcions dels IEDs i l'aparellatge.
- Descripció de la xarxa de comunicacions.

Hi ha quatre tipus de llenguatges SCL:

- a) ICD (IED Capability Description).
- b) SSD (System Specification Description).
- c) CID (Configured IED Description).
- d) SCD (Substation Configuration Description).

A continuació se'n farà una breu descripció:

**a) IED Capability Description (ICD)**

L'arxiu ICD en format XML ve proporcionat pel fabricant per tal de poder establir la configuració de comunicacions entre els IEDs.

Aquest conté les característiques de cada dispositiu relacionades amb les funcions de comunicació i el model de dades.

**b) System Specification Description (SSD)**

Aquest arxiu en format XML conté la especificació completa del sistema d'automatització de la subestació. Inclou l'esquema unifilar de la subestació i la seva funcionalitat.

**c) Substation Configuration Description (SCD)**

L'arxiu SCD s'exportarà del sistema com a resultat dels ICD i els SSD. Aquest conté la configuració del sistema: Tots els IED, la configuració de les comunicacions i la descripció de la subestació.

**d) Configured IED description (CID)**

Aquest arxiu conté per a cada equip, la configuració i totes les dades necessàries per a descriure la interacció amb la resta d'equips del sistema.

# **CAPÍTOL 3:**

# **PLATAFORMA DOCENT DE**

# **PROTECCIONS**

En aquest apartat s'explicarà amb que consisteix la plataforma docent de proteccions o laboratori de proteccions elèctriques, amb la que s'ha treballat en el present projecte.

Per a començar, es definirà el concepte de laboratori remot: Quines són les seves funcions i característiques.

Es nombraran i s'explicaran els tipus d'equips integrats dins el laboratori de proteccions elèctriques situat a l'Aula Schneider de la EUETIB, ja que és el laboratori amb el que es basa aquest projecte.

També està definida la funció que realitza cada equip dins de tot el procés, com està connectat cada equip i les seva forma de comunicar-se amb la resta del laboratori. Es farà l'ús d'esquemes, per tal de facilitar la comprensió d'aquest apartat.

## 3.1. Introducció

El laboratori de proteccions situat a l'aula Schneider de la EUETIB pretén emular una xarxa de distribució de mitja tensió bastant-se en l'estructura d'anell obert.

Aquest laboratori consta de tres línies independents que alimenten tres punts de càrrega. Cada punt de càrrega consta de nou bombetes que serviran per a simular sobrecàrregues i curtcircuits dins el laboratori.

Aquests defectes es simularan manualment, és a dir, si en una mateixa línia s'encenen tres bombetes això suposarà un consum normal i per tant, no es simularà cap defecte. Cada una d'aquestes tres bombetes, d'una mateixa càrrega està connectada a una fase diferent.

Si n'encenem sis, dins la plataforma de proteccions es simularà una sobretensió (Se'n encendran dos per fase).

I si finalment n'encenem nou, això suposarà un curtcircuit (Se'n encendran tres per fase).

Cada vegada que es doni un desequilibri, les proteccions actuaran tallant el pas de corrent.

La finalitat d'aquest laboratori és sobretot l'ús docent ja que podrà ser utilitzat per alumnes durant les sessions de pràctiques. Aquest servirà per ajudar a l'alumnat a veure aplicats de forma pràctica els conceptes estudiats en diferents assignatures de l'especialitat d'electricitat.

Al ser un laboratori docent manipulat per estudiants, no es treballarà a mitja tensió, però tot i així es podrà comprovar com funciona una línia de distribució i com reacciona aquesta davant de diferents tipus de defectes elèctrics com si fos real.

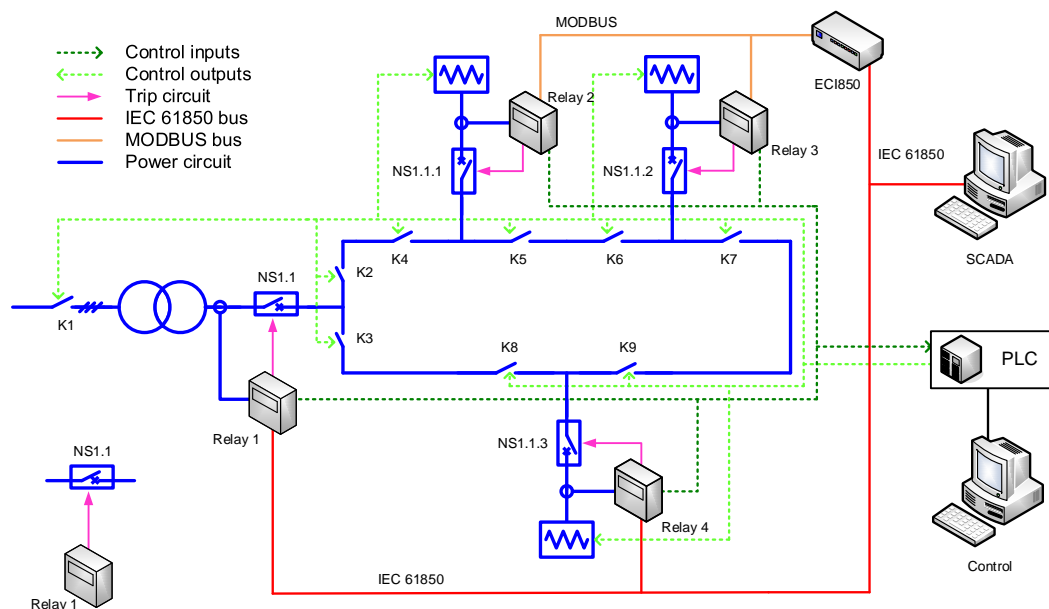
Tot i que en anteriors projectes s'ha fet referència a la plataforma docent com a "Laboratori remot de proteccions", s'ha d'especificar que encara que es pugués preparar per accedir-hi remotament, per raons de seguretat, només es treballarà amb aquest presencialment.

### 3.2. Elements del laboratori de partida

En aquest apartat, s'ha fet un resum del punt de partida en el qual es va trobar el laboratori, per així entendre, com estava aquest abans de començar el projecte i quines ampliacions s'hi ha afegit.

Abans de definir en detall cadascuna de les parts que el componen, es mostrarà un esquema general, per a facilitar la idea de que és el laboratori de proteccions.

L'esquema següent mostra els diferents equips del laboratori, les seves comunicacions, com estan connectats i com s'alimenten.

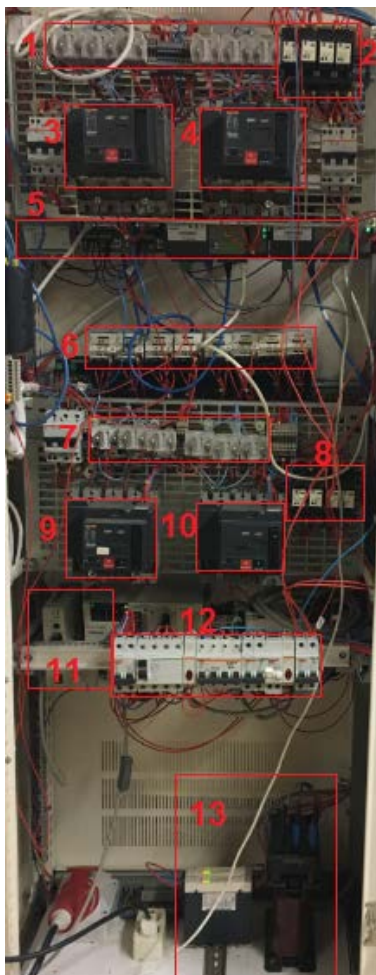


**Figura 8.**Esquema representatiu de l'estructura del laboratori de proteccions al punt de partida. Font :CITCEA

### 3.2.1. *Equips*

Tot i que la part visible del laboratori de proteccions és el plafó amb les càrregues, el funcionament d'aquest no seria possible sense el conjunt d'equips i connexions que hi ha dins l'armari.

Dins l'armari trobem els següents equips:



- 1.Els transformadors d'intensitat.(Els SEPAM hi estan connectats per a poder mesurar el corrent).
- 2.Contactors auxiliars intermediaris entre el PLC i els interruptors automàtics NS100.
- 3.NS100 112 (Interruptor automàtic del SEPAM S42).
- 4.NS100 113 (Interruptor automàtic del SEPAM S41).
- 5.Mòduls de comunicació ACE850,ACE949 i EC1850.
- 6.Contactors de l'anell (K1-K9).
- 7.Els transformadors d'intensitat (2).
- 8.Contactors auxiliars intermediaris entre el PLC i els interruptors automàtics NS100(2).
- 9.NS100 111(Interruptor automàtic del SEPAM M20).
- 10.NS100 11(Interruptor automàtic del SEPAM S82).
- 11.PLC.
- 12.Proteccions elèctriques del laboratori. Són els interruptors automàtics i diferencials que serveixen per a protegir a les persones si hi ha alguna falla (No són les proteccions amb les quals es fa proves).
- 13.Transformadors de potència.

**Figura 9.** Equips situats dins l'armari

A continuació es farà una breu descripció dels equips:

#### **a) Els Relés de protecció SEPAM**

Els relés de protecció utilitzats en aquest laboratori són coneguts com a SEPAM i pertanyen al fabricant Schneider Electric. Són relés encarregats de detectar una sobretensió, un curtcircuit o un desequilibri a la xarxa.

Quan el detecten, donen ordre als interruptors automàtics per a que tallin el pas del corrent al circuit. Aquests relés són programables, això comporta, que a part de fer la seva funció al controlar els interruptors, també permeten

prendre mesures en temps real com per exemple de corrent, tensió, freqüència, etc.

Abans de començar el projecte, els equips SEPAM que havia instal·lats al laboratori de proteccions eren els següents:

- SEPAM de capçalera Sèrie S82 (SEPAM 1.1).
- SEPAM que controla la línia 1.Sèrie M20(SEPAM 1.1.1).
- SEPAM que controla la línia 2.Sèrie S42(SEPAM 1.1.2).
- SEPAM que controla la línia 3.Sèrie S41(SEPAM 1.1.3).



**Figura 10.** Relés programables SEPAM.  
Font: Schneider Electric

Hi ha diferents tipus de SEPAM segons l'aplicació per la qual estiguin destinats, aquests es distingeixen segons la lletra que portin davant del numero de model (Exemple: SEPAM **S**40).

Segons l'aplicació es pot distingir entre :

- **S**: Subestacions.
- **T**: transformadors.
- **G**: Generadors.
- **C**: Capacitors.
- **B**: Bus de barres.
- **M**: Motors.

En el cas d'aquest projecte, la gran majoria són del tipus S (Subestació), ja que és el model més adient si s'està simulant una xarxa de distribució.



També ofereixen diferents nivells de protecció:

- Protecció tèrmica basada en càlculs d'increment de temperatura.
- Protecció direccional de sobrecorrent de fase, per a xarxes de cicle tancat.
- Protecció direccional falla a terra, per tot tipus de sistemes amb neutres.
- Protecció ràpida i altament sensitiva de transformadors, motors i generadors utilitzant funcions diferencials amb restricció.

Tot i aquestes diferències, la més important que tenen és el numero de model (Exemple: SEPAM S80).

Cada model implementa una sèrie de millores respecte l'anterior, per tant, com major és el numero del model més prestacions ofereix aquest. Al laboratori de proteccions, es treballa amb un model 20, dos de la sèrie 40(41, 42, concretament) i dos de la sèrie 80(80 i 82).

## **b) Interruptors automàtics NS100**

Dins l'armari també es troben els interruptors automàtics model NS100 del fabricant Schneider Electric.

Els interruptors automàtics tenen com a objectiu la interrupció del pas del corrent pel circuit quan hi apareix un defecte. Els NS100 interruptors estan controlats pels diferents SEPAMS.

Al laboratori n'hi ha un total de quatre:

- NS100 11. És l'interruptor de capçalera que està controlat pel SEPAM 1.1 i s'encarrega de protegir la zona de la capçalera del circuit.
- NS100 111. És l'interruptor que està controlat pel SEPAM S1.1.1 i que s'encarrega de la protecció de la línia 1.
- NS100 112. És l'interruptor que està controlat pel SEPAM S1.1.2 i que s'encarrega de la protecció de la línia 2.
- NS100 113. És l'interruptor que està controlat pel SEPAM S1.1.1. i que s'encarrega de la protecció de la línia 3.

La connexió i desconexió dels interruptors es pot fer tant de forma remota com manual. Els interruptors es poden obrir mitjançant les ordres d'obertura del SEPAM o també manualment des del PLC.

A continuació es mostra una imatge de l'interruptor automàtic NS100 que s'utilitzarà en el projecte.



**Figura 11.** Interruptor NS100

### **c) Interruptors magnetotèrmics i diferencials**

Com tot sistema elèctric, aquest està dotat de les corresponents proteccions, no les del laboratori amb les quals es fa proves, sinó les seves pròpies per si hi hagués un defecte real a la xarxa.

La xarxa del laboratori consta de dos transformadors; un transformador que redueix la tensió d'entrada de 400V a 230V (per a l'alimentació de la majoria d'equips del laboratori) i un transformador que redueix la tensió de 230V a 24V(per a l'alimentació del circuit de maniobra).

- La xarxa trifàsica (400V) estarà protegida per uns interruptors de protecció magnetotèrmic i diferencial trifàsics.
- La xarxa de 230V estarà protegida per un interruptor magnetotèrmic i un diferencial monofàsic per a 230V.
- La xarxa de 24V també disposa d'un interruptor magnetotèrmic propi.

Aquestes proteccions són les que protegeixen els interruptors, els contactors i l'autòmat.

### **d) Sistema de comunicacions**

Dins del laboratori de proteccions existeixen diferents equips que es comuniquen amb diferents protocols de comunicació.

Un protocol és un sistema de comunicació de dades que controla l'estructura de les comunicacions que tenen lloc entre un emissor i un receptor. És a dir, és un llenguatge de comunicació entre dispositius.

Per a que existeixi una comunicació entre tots ells, aquest protocol de comunicació ha de ser el mateix en tots els equips, i com moltes vegades no és possible segons el fabricant o la època en que es va fabricar el dispositiu, s'ha de buscar un protocol estandarditzat per a tots.

El protocol estandarditzat amb el que treballa la plataforma docent és la Norma IEC61850. Aquesta norma està explicada amb més detall l'apartat 2.5.

Per a fer aquesta conversió a l'estàndard IEC61850 des dels diferents protocols utilitzats al laboratori, s'utilitzaran els mòduls de comunicació ACE850, ACE949 i ECI850.

**Mòdul ACE949.** Aquest mòdul va connectat junt amb la ECI.

El seu objectiu principal es traduir la informació que rep dels SEPAM(en protocol Modbus), enviar-la a l'ECI i que aquesta la transformi a la norma IEC61850.

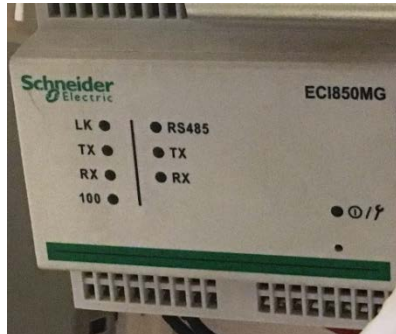
**Mòdul ECI850.** Com s'acaba de comentar, té com a finalitat la conversió del protocol Modbus amb el que treballen els SEPAM, a la norma IEC61850, ja que tot el laboratori està unificat a aquesta.

L'ECI850 és una passarel·la que permet la connexió de dos o més SEPAM a ella. Els SEPAM 1.1.1, 1.1.2 i 1.1.3 van connectats cadascun a un mòdul ACE949 i a la vegada, comparteixen la mateixa ECI i per tant, IP.

**Mòdul ACE850.** Aquest mòdul de comunicació és el més actual i per exemple, no admet la connexió de SEPAMS de sèrie 20.

L'ACE850 simplifica el cablejat ja que fa la mateixa funció que el bloc ACE949 + ECI850 junts. El seu objectiu principal també és la conversió del protocol Modbus a la norma IEC61850.

Els mòduls ACE850, ACE949 i ECI850 són del fabricant Schneider.



**Figura 13.** Passarel·la ECI850



**Figura 12.** Mòdul ACE850TP

A continuació s'adjuntarà un esquema que mostra les connexions entre els mòduls de comunicació i els SEPAM.



**Figura 14.** Esquema de comunicacions del laboratori en el punt de partida

A l'esquema s'aprecia com els SEPAM 1.1.1 i 1.1.2 compartien un mateix mòdul ECI850.

Tot i que no està dibuixat, junt amb l' ECI850 sempre hi va connectat un mòdul ACE949, com s'ha explicat anteriorment.

El SEPAM 1.1.3 i 1.1 estan connectats cadascun a un mòdul ACE850. Tal i com s'ha explicat abans, aquest fa la funció del ECI8050 i ACE949 junts, per tant, no necessita més mòduls complementaris per a traduir a la norma IEC61850.

### 3.2.2. Les càrregues

Una de les parts més importants del laboratori és el mòdul de càrregues.

La part de les càrregues, s'utilitza per a simular un conjunt de defectes a la xarxa elèctrica. Les càrregues són un conjunt de bombetes distribuïdes a parts iguals per a cada línia. N'hi ha un total de 27, i per tant, 9 per línia.

A partir de l'activació d'aquestes, els SEPAM estan programats per a detectar un defecte (sobrecàrrega o curtcircuit) en el moment en que el corrent que circula per la línia està dins d'uns rangs prèviament establerts.

Si el corrent que circula per la línia, està dins d'un rang determinat, el SEPAM detectarà un defecte a la línia i els NS100 obriràn el circuit. S'ha de puntualitzar que aquest laboratori és una assimilació a la vida real, però a petita escala, per tant, no es parla de rangs elevats.

A continuació es mostrarà una imatge del plafó de càrregues:



**Figura 15.** Plafó de càrregues del laboratori

En aquesta imatge es pot veure les 27 bombetes que consten al plafó.

Es crearà o no un defecte a la línia en funció del corrent que circuli per aquesta. El corrent que circula es controla en funció del número de bombetes que s'encenguin.

- 3 bombetes activades per línia equivalen a un consum nominal i per tant els NS100 no disparen.
- 6 bombetes activades per línia equivalen a una sobrecàrrega, el SEPAM corresponent detecta un defecte i provoca el dispar del NS100.
- 9 bombetes activades per línia equivalen a un curtcircuit, el SEPAM corresponent detecta un defecte i provoca el dispar del NS100.

#### Integració d'una protecció contra desequilibris

Al mateix plafó de càrregues hi havia integrada una protecció contra desequilibris. Per a la creació del desequilibri es van utilitzar dos potenciòmetres connectats en sèrie. Aquests es van instal·lar a la fase 1 de la línia 2 en el mòdul de càrregues.

El principi de funcionament consistia en el fet d'augmentar la resistència d'una sola fase (girant el potenciòmetre en sentit horari) per tal de descompensar el sistema i crear un desequilibri. Si el desequilibri sobrepassa l'umbral establert, el SEPAM envia l'acció als interruptors de interrompre el circuit.

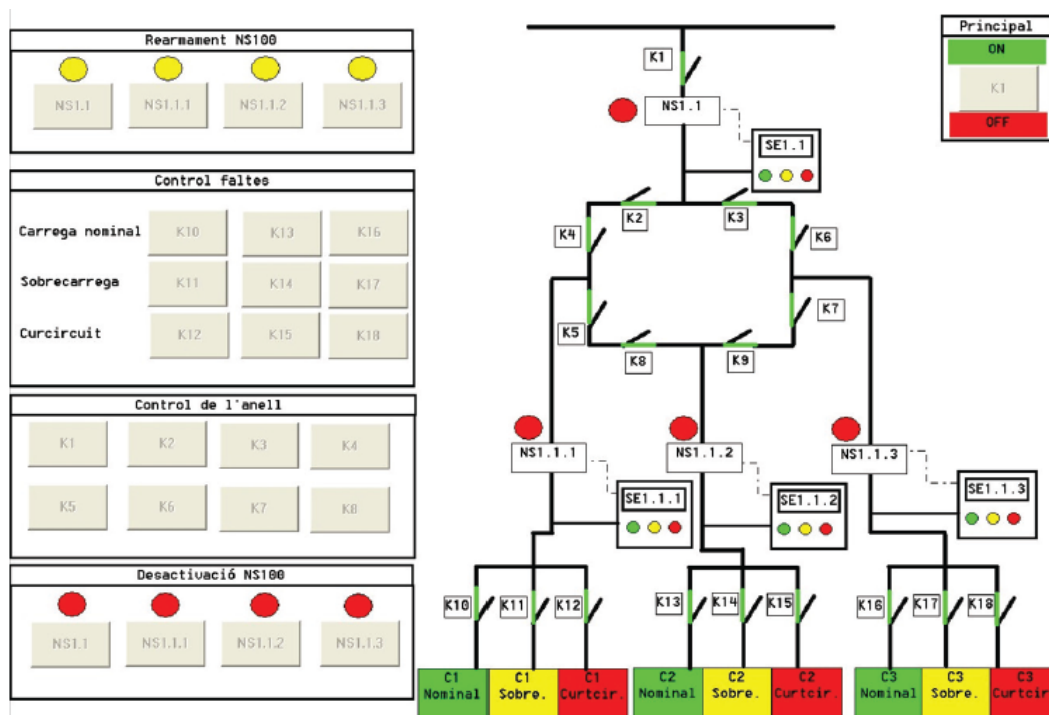
#### *3.2.3. PLC i software de visualització PL7*

Un element molt important del laboratori és l'autòmat programable o PLC model TSX Micro 1722 del fabricant Schneider Electric. La seva funció és controlar en temps real el laboratori de proteccions.

Aquest relaciona una sèrie d'entrades amb unes sortides, seguint unes condicions establertes per la seva programació interna. Aquesta programació es va dissenyar i ampliar en projectes anteriors a aquest i no s'ha modificat.

Aquest PLC portava incorporada una senzilla interfície SCADA (Software PL7 de Schneider) per tal de conèixer l'estat dels interruptors automàtics i relés de protecció i poder activar des d'allà, els contactors encarregats d'engegar bombetes.

A continuació es mostra una imatge de la pantalla d' exploració de la interfície PL7:



**Figura 16.**Esquema de l'anell visualitzat al software PL7.Font: TFG Pau Manero

Mitjançant el software PL7 intern al autòmat es podia tant controlar el laboratori com visualitzar l'estat dels contactors i interruptors automàtics.

#### a. Visualització del laboratori a partir del software PL7 del PLC

Els indicadors que el programa mostrava eren:

- L'estat en el qual es troben els interruptors automàtics i si es troben rearmant-se.
- Les diferents llums que apareixen al dibuix del SEPAM de la pantalla de visualització del SCADA. Aquestes llums poden ser verdes, si el SEPAM detecta condicions nominals, groga si detecta una sobretensió i finalment vermella si detecta un curtcircuit.
- Els cercles de color groc que es troben dins del quadre de rearmament del NS100 només es mostren quan l'interruptor s'està rearmant.
- Els cercles de color vermell que es troben dins del quadre de desactivació del NS100 es mostren quan l'interruptor automàtic s'obre per ordre de l'usuari.

- Els cercles de color vermell situats immediatament a sobre dels quadrats que representen els interruptors NS1.1, NS1.1.1, NS1.1.2, NS1.1.3 es mostren quan un d'aquests interruptors obre el circuit.

b. Control del laboratori

El programa també permet fer un control sobre el laboratori mitjançant la pantalla d'exploració que incorpora la interfície SCADA.

L'usuari tindrà control sobre els següents punts:

- L'activació del laboratori es dona a partir del botó K1 que es troba dins del menú principal. Aquest botó correspon a l'activació del contactor de capçalera K1.
- El rearmament dels diferents interruptors automàtics. Això es farà mitjançant els botons NS1.1, NS1.1.1, NS1.1.2, NS1.1.3 que es troben al submenú NS100.
- El control de faltes (sobrecàrregues o curtcircuits). Això es farà mitjançant els botons del K10 a K18. Aquests botons corresponen a l'activació dels contactors K10 a K18 que són les bombetes. Els contactors K10, K11 i K12 corresponen al control de la línia 1, els K13, K14 i K15 a la línia 2, i finalment els contactors K16, K17 i K18 corresponen al control de la línia 3.
- El control de l'anell. Això es farà amb els botons del K2 al K9 que es troben al submenú control de l'anell. Amb aquests botons es controlarà l'estat dels contactors del K2 al K9.
- La desactivació de l'interruptor automàtic, que es controla amb els botons NS1.1, NS1.1.1, NS1.1.2, NS1.1.3 trobats al submenú NS100.

#### *3.2.4. Circuit de maniobra*

El circuit de maniobra permet actuar sobre el flux de l'energia, compren tots els elements capaços de realitzar operacions d'apertura, tancament o regulació de càrrega del circuit elèctric.

Els elements de maniobra més comuns són els contactors i els interruptors.



Dins del laboratori es pot diferenciar entre dos tipus de contactors segons el seu ús.

- Contactors de l'anell: Són nou contactors (K1 a K9) que s'encarreguen de controlar l'anell. Segons quins s'obrin o es tanquin, la corrent passarà per un camí o altre.
- Contactors auxiliars: Aquests contactors tenen una funció diferent als anteriors. Estan connectats d'intermediaris entre les connexions del NS100 i el PLC per a protegir l'últim, en cas d'accident. Però no tenen cap drecera/botó al SCADA per a poder-se activar o desactivar.
- Contactors de la càrrega: Aquests últims són nou contactors (K10-K18) que cadascun serveix per encendre/apagar tres bombetes. És a partir de la manipulació d'aquests, que es controla el valor de corrent que circula per les tres línies.

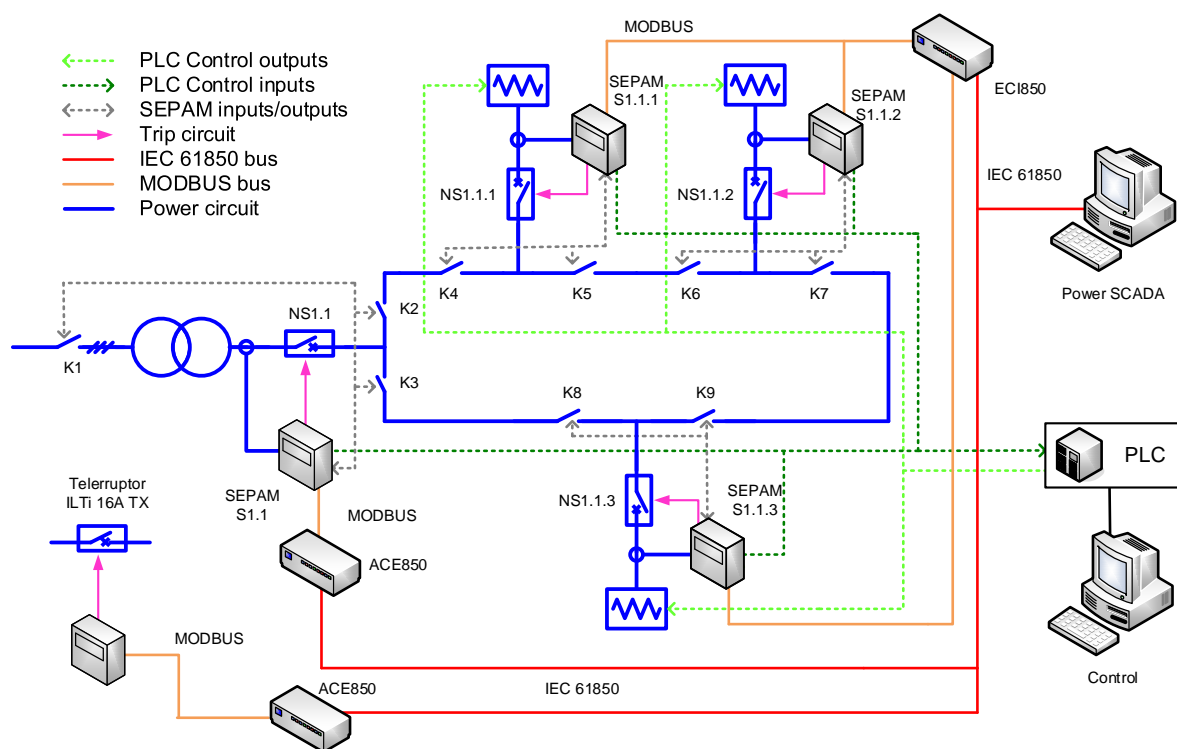
### 3.2.5. *Circuit de potència*

El circuit de potència és l'encarregat d'alimentar l'estructura de l'anell i les línies que surten d'aquest. És a dir, alimenta tot el conjunt de contactors, els interruptors automàtics i també el PLC.

El circuit de potència està alimentat per un punt de connexió trifàsic a la xarxa del edifici de 400 V. Consta d'un transformador que redueix la tensió d'entrada de 400V a 230V. Dins del laboratori s'operarà a 230 V ja que és una tensió suficient per a alimentar tots els elements que en formen part.

### 3.3. Ampliacions realitzades

A continuació es mostra un esquema de l'estat final del laboratori.



**Figura 17.** Esquema de l'estat final del laboratori

#### 3.3.1. Addició i configuració del SEPAM S80

Durant la realització d'aquest projecte, s'ha començat a treballar amb un SEPAM nou que estava disponible però encara no s'havia fet funcionar.

Tot i que els quatre SEPAM utilitzats fins ara, ja eren suficients per al control del conjunt dels contactors de l'anell, s'ha afegit un cinquè SEPAM designat amb el nom S02 i del model S80.

Aquest equip s'ha afegit al laboratori, no per a controlar l'anell, sinó, per a poder fer proves amb ell. S'ha instal·lat a part dels altres, per a no interferir en el funcionament dels contactors del anell si hi havia algun problema amb les proves. I per tant, si aquest SEPAM S02 per algun motiu es desconfigurés, no interferiria en el funcionament de tot el sistema.

### 3.3.2. Ampliació del sistema de comunicacions

A l'afegir un SEPAM nou, era necessari ampliar el sistema de comunicacions per a incloure'l.

Com ja s'ha comentat anteriorment, cada SEPAM necessita estar connectat a un model ACE o ECI 850 per a poder establir comunicació mitjançant la norma IEC61580 amb la resta de dispositius que conformen el laboratori.

S'ha de tenir en compte que el SEPAM que s'havia afegit (apartat 3.3.1) és del model 80 i per tant s'ha de connectar amb el mòdul més actual que es tingui que en aquest cas es l'ACE850. El mòdul ECI 850 ja queda obsolet per a utilitzar-se amb un SEPAM d'aquest model.

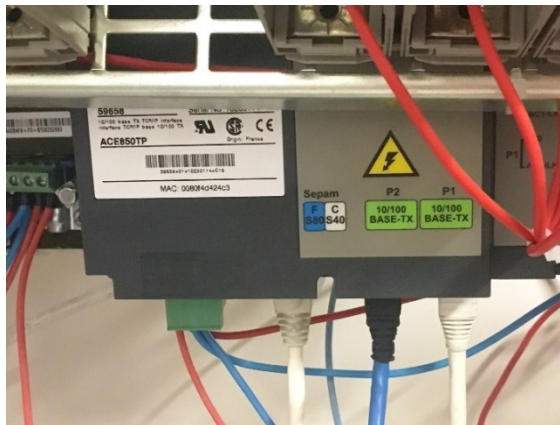
La solució per la que es va optar va ser connectar el SEPAM S41 al mòdul ECI 850 on ja hi eren el M20 i S42, i per tant, quedava lliure un ACE850 que ja es podia destinar al SEPAM nou.

Des del punt de vista de cablejat calia connectar o desconnectar el cable Ethernet que té cada mòdul de comunicació i connectar-lo al SEPAM que es vulgués.

A continuació es mostra el cable Ethernet al SEPAM S1.1 i al mòdul ACE850.



**Figura 19.** Mòdul ACE850TP



**Figura 18.** SEPAM S41

Ara, s'havia de crear els arxius SCD i CID de nou, ja que aquest canvi també va ocasionar un canvi en les diferents IP dels dispositius.

El SEPAM S41, va haver d'adoptar la IP corresponent a la ECI850, mentre que pel SEPAM S2 (afegit) se'n va configurar una de nova.

L'esquema definitiu de comunicacions que va quedar es mostra a continuació:



**Figura 20.** Esquema de comunicacions del laboratori actual

### *3.3.3. Implementació del Power SCADA Expert*

L'ampliació més important d'aquest projecte ha estat la implementació d'una interfície SCADA al laboratori de proteccions. El SCADA proposat per a implementar-se al laboratori ha estat el Power SCADA Expert v.7.40 del fabricant Schneider Electric

Aquesta ampliació tenia com a objectiu monitoritzar i intentar controlar l'estat del laboratori de proteccions. Mostrar-ne tant les variables de tensió, corrent, freqüència, etc., com els estats dels interruptors i donar l'opció de controlar-los des del SCADA.

El fet de tenir monitoritzat el laboratori permet tant conèixer valors de diferents variables del sistema, com rebre alarmes quan les comunicacions no funcionen. També és útil per a detectar possibles defectes elèctrics, a part de conèixer l'estat en temps real de tots els elements del laboratori.

La implementació de la interfície SCADA està ampliada al Capítol 4.

#### *3.3.4. Realització d'un tutorial per a la posada en marxa del programa*

Un dels objectius principals d'aquest projecte ha estat crear un tutorial detallat pas a pas, sobre la implementació d'un sistema SCADA.

Aquest sistema s'ha provat sobre el laboratori ja que la intenció inicial era començar a fer proves amb un programa nou i veure fins on podria aportar aquest al laboratori ja existent. S'ha de tenir en compte que a causa de la limitació d'aquesta plataforma docent, no es pot aprofitar tot el potencial que el programa ofereix, però l'objectiu principal era adaptar-lo a les necessitats del laboratori, sabent que si aquest s'amplia en futurs projectes, el programa també podrà ampliar les seves funcions.

S'ha posat èmfasi en el detall i les explicacions d'uns punts del procediment d'implementació en concret com poden ser la instal·lació d'aquest, la configuració del sistema de comunicacions i la creació del primer projecte. Es pot veure a *l'Apèndix C. Tutorials amb Power SCADA Expert v 7.40*.

Tot i que les interfícies SCADA són utilitzades de forma comuna avui dia i per tant existeixen múltiples guies de configuració per a implementar-les, aquest tutorial té la particularitat d'explicar la implementació d'una versió de SCADA concreta com és el Power SCADA Expert v7.40 del fabricant Schneider Electric desenvolupat a partir del software Citect, que té la seva pròpia forma de funcionar.

S'ha de puntualitzar que aquest tutorial ha estat pensat per alumnes que configurin un sistema SCADA per primera vegada, o bé que no coneguessin aquesta versió en concret i per aquest motiu s'ha explicat amb detall els passos principals a realitzar per a treballar amb ell.

#### *3.3.5. Control i monitorització d'un tel·leruptor a partir amb el SEPAM*

Al començar a treballar amb el Power SCADA Expert, es va notar que a l'hora de mostrar els estats dels interruptors automàtics NS100 per pantalla, això no era possible. El programa no detectava el canvi d'estat dels interruptors ni tan sols la posició (ON/OFF) en la qual es trobaven.

Per altra banda, es volia intentar controlar l'interruptor automàtic NS100 des del SCADA, sense necessitat de passar pel PLC. Per a fer-ho, s'havia de descablejar les connexions al PLC del NS100 i cablejar-les directament al SEPAM.

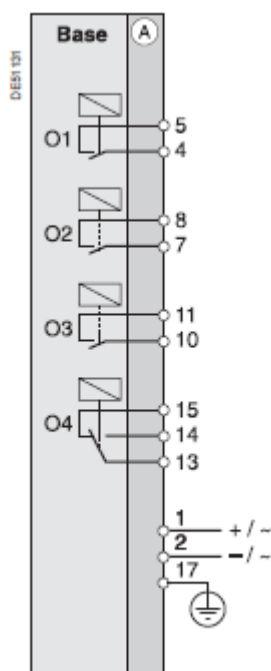
Abans de descablejar cap NS100, per precaució, es va decidir fer proves de connexió amb un tel·leruptor del model ILTi 16AX -250V de la marca Schneider Electric a un SEPAM. Aquestes proves consistien en connectar aquest tel·leruptor directament al SEPAM S2 i provar si es podia controlar i monitoritzar des del SCADA. Quan aquest funcionés, es connectaria el NS100 seguint el mateix esquema de connexions.

## Esquema de connexionat

Es va començar connectant el telerruptor al SEPAM S02.

El control dels contactes NT i NO es feia mitjançant les sortides O3 i O1 del bloc de sortides A del SEPAM. Segons el datasheet del SEPAM S80, les sortides O1 i O3 són sortides de control del relé reservades per a funcions de comandament:

- O1: Disparar el contacte NT.
- O3: Disparar el contacte NO.



Segons l'esquema del datasheet, la sortida O1 es troba als punts de connexió 4 i 5 de la regleta del bloc A. Per altra banda, la sortida O3 es troba als punts de connexió de la regleta 10 i 11.

L'alimentació de la bobina es connectarà entre la sortida 3 del interruptor i 0 V.

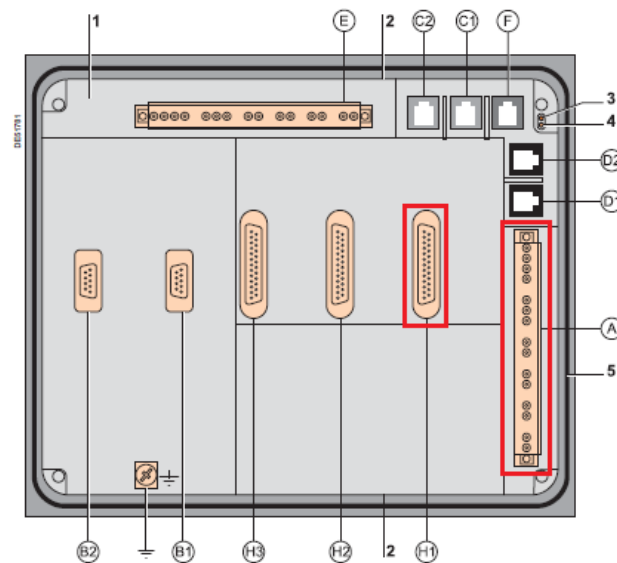
La monitorització de l'estat de les sortides es connectarà al bloc H connector designat com MES 120. Concretament a les sortides I101 i I102.

La sortida I101 correspon als borns 1 i 2 de la regleta del bloc MES120 i està destinada a la monitorització de l'estat contacte NO.

La I102, corresponent als borns 4 i 5 de la regleta, s'utilitza per a la monitorització de l'estat del contacte NT.

**Figura 21.** Bloc de sortides del SEPAM.  
Font: Schneider Electric

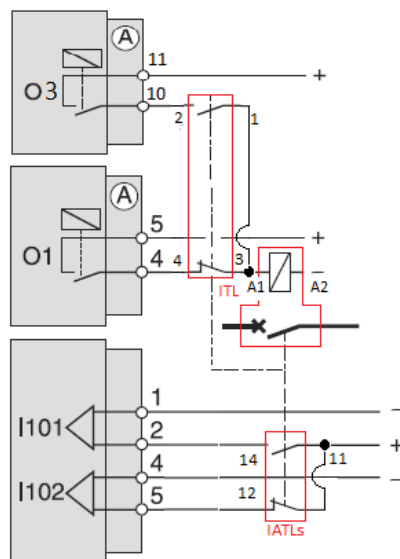
Els blocs A i H utilitzats per aquesta prova es troben subratllats en vermell a la següent imatge.



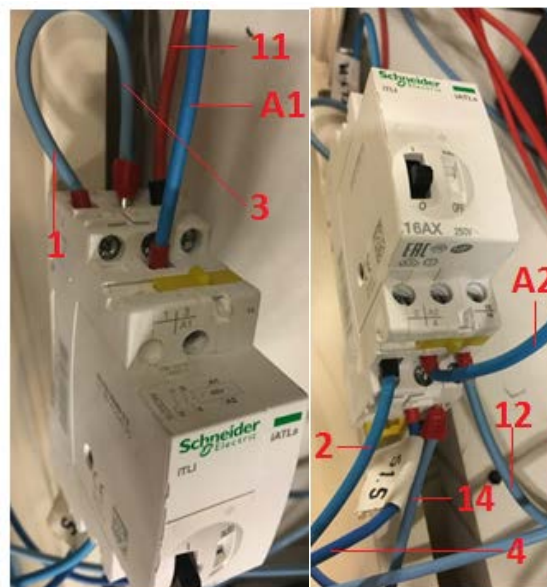
**Figura 22.** Blocs de connexions del SEPAM 80. Font Schneider Electric

Per a veure amb més detall el conjunt de blocs que componen el SEPAM, veure *Apèndix D. Documentació Adicional*.

A continuació s'adjunta un esquema del connexionat entre el telerruptor i el SEPAM:



**Figura 23.** Esquema del connexionat



**Figura 24.** Connexions del telerruptor 16A ILTi

## **Proves**

Una vegada el tel·leruptor estava cablejat al SEPAM S02 es va provar el seu funcionament de dues formes diferents.

En primer lloc, es va comprovar que la monitorització de l'estat era la correcta, és a dir, es va canviar de ON a OFF el tel·leruptor i viceversa. El LED frontal del SEPAM indicava un estat o un altre segons canviàvem la posició del tel·leruptor, per tant, el SEPAM ja detectava l'estat d'aquest i a la seva vegada, el SCADA també ho faria.

Una vegada comprovada la monitorització, faltava comprovar si es podia controlar la bobina del relé a partir del SEPAM, i per tant canviar-ne la seva posició remotament. Això es va fer forçant l'activació de la sortida O1 (NO) i O3 (NT) del SEPAM mitjançant el programa SFT2841.

Quan es selecciona la sortida O1 des del PC, s'activa la bobina interna del tel·leruptor i l'estat d'aquest canvia automàticament cap a OFF.

Per altra banda, quan es força la sortida O1, el tel·leruptor canvia la seva posició cap a ON. La bobina es pot alimentar a 24 V en corrent continua com és aquest cas, o el 48 amb corrent alterna.

### *3.3.6. Implementació del control als contactors i interruptors NS100*

Una vegada les proves de l'apartat 3.3.5 havien funcionat, seguint el mateix esquema de connexions, es va provar d'implementar el control amb contactors i els interruptors NS100.

## **Recablejat del laboratori**

El fet de poder controlar els interruptors i els contactors des de la interfície SCADA, marca un diferencia important respecte a la resta de TFG que havien treballat amb el mateix laboratori; El PLC ja no és imprescindible per a que aquest funcioni correctament.

Al parlar del NS100 s'ha de diferenciar entre dos casos diferents de control sobre el mateix:

- Quan el NS100 està actuant com a protecció, perquè s'ha detectat un defecte a la xarxa, el SEPAM que és l'encarregat de detectar el defecte, ordena directament al NS100 que obri el circuit, sense cap intervenció del



PLC. El criteri que té el SEPAM per a decidir si hi ha un defecte i si obre la xarxa depèn del valor de corrent que circuli per la línia i si aquest està comprès dins d'un rang de valors considerats anormals pel SEPAM. (Aquests valors es defineixen segons convingui).

- Quan es vol obrir i tancar el NS100 de forma remota des del software PL7 integrat al PLC, és el PLC qui envia una ordre de tancament o obertura al NS100 directament, i el SEPAM no hi intervé.

La raó per la qual, el SEPAM no podia obrir directament el NS100 remotament (sense necessitat que existís un defecte) és que anteriorment no hi havia forma d'accedir al SEPAM per a donar aquesta ordre.

Amb la implementació del SCADA, ara serà possible accedir al SEPAM (ja que el SCADA interactua directament amb el SEPAM mitjançant Ethernet) i per tant, donar ordres d'obertura i tancament al NS100, sense necessitat de que hi hagi un PLC o un defecte a la xarxa.

Al principi d'aquest projecte, pel control remot de l'interruptor, els equips estaven connectats de la següent forma:

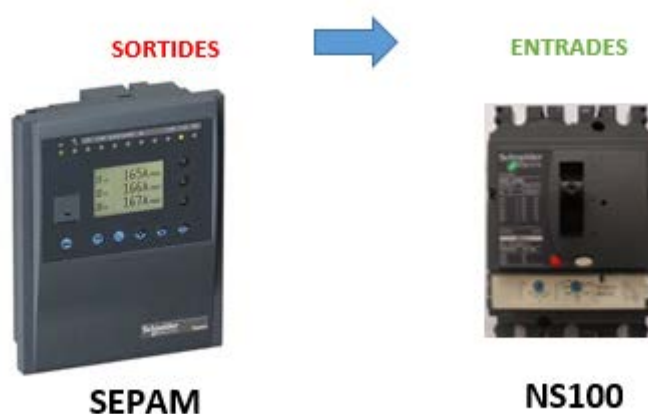


**Figura 25.** Connexió per a establir un control remot sobre el NS100. Font: Schneider Electric

- Les sortides del SEPAM (O1-O4) anaven connectades a les entrades del NS100 per al control del mateix quan existien defectes, i les sortides del PLC anaven connectades a les entrades del NS100 per a obrir-lo i tancar-lo des d'allà.
- Les sortides del PLC anaven connectades a les entrades d'uns contactors auxiliars a fi de no establir connexió directament amb els NS100 i aïllar les sortides del PLC.
- Les sortides dels contactors auxiliars anaven connectades a les entrades dels interruptors automàtics NS100.

La retirada del PLC era una possibilitat que ja s'havia valorat al llarg del projecte i que teòricament era factible pel fet que els relés SEPAM contenen un editor d'equacions lògiques. La possibilitat de configuració d'aquesta lògica interna és la que permet que el SEPAM pugui establir un control sobre diferents equips sense necessitat de l'automatització amb PLC.

Eliminant el PLC, l'estructura de connexions que ens quedaria entre els diferents equips és la següent:



**Figura 26.** Ordre de connexió dels equips sense el PLC. Font Schneider Electric

Les sortides del SEPAM (O1-O4) anirien directament connectades a les entrades del NS100 per l'ordre de dispar per protecció.

Una vegada es va comprovar que a partir de les sortides del SEPAM es podien controlar aquells interruptors sense necessitat de PLC, es va procedir a intentar implementar aquelles connexions amb un NS100 ubicat dins el laboratori.

El recablejat que es mostra a continuació pertany a l' interruptor automàtic NS100 de capçalera, és dir, el que controla el SEPAM S80 (S1.1).

### **Recablejat i connexió d'un NS100 de capçalera**

Per a intentar establir el control d'un interruptor automàtic NS100, el primer pas va ser interpretar l'esquema intern del NS100 i extrapolar-lo al del telerruptor amb el que van funcionar les proves, per identificar, quines connexions servien per al control de l'interruptor i quines servien per a monitoritzar-ne l'estat.

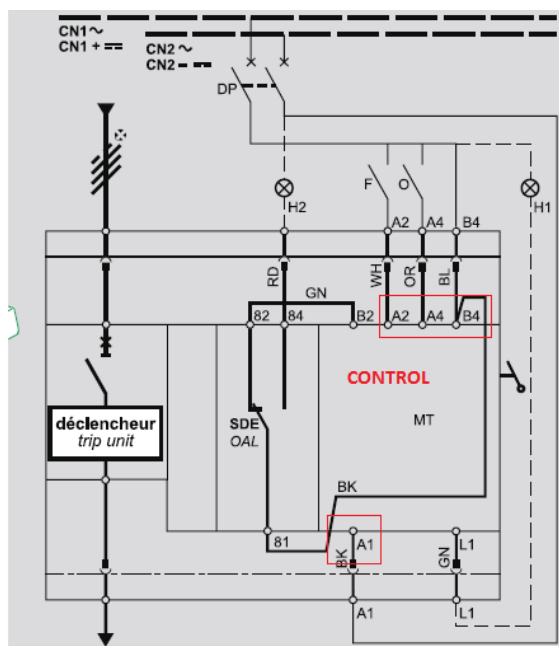
A continuació s' adjunten les imatges dels interruptors amb els que es va treballar i un esquema amb les connexions internes,per a facilitar-ne la comparació.



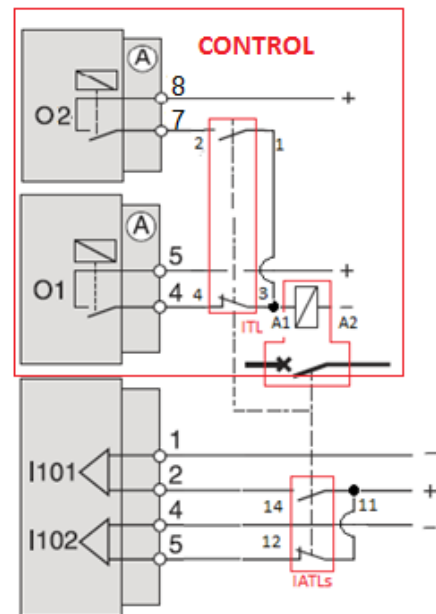
**Figura 28.** Interruptor NS100



**Figura 27.** Telerruptor per a les proves ILTi 16AX 250V Schneider Electric



**Figura 30.** Connexionat intern del control del NS100



**Figura 29.** Esquema del connexionat de control del telerruptor ILTi 16AX al SEPAM

Una vegada comparats els esquemes de la part de control, es va fer una taula per a establir una correspondència entre la nomenclatura del telerruptor amb el que ja s'havia treballat i la nomenclatura nova del NS100,per assegurar-nos que ho connectàvem igual que a les proves.

A continuació s'adjunta la taula amb la nomenclatura:

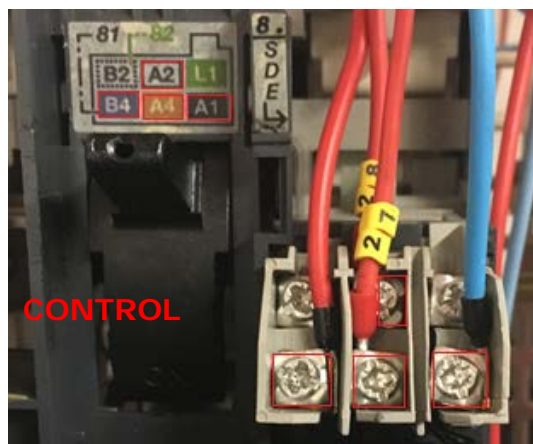
Nomenclatura de les connexions del interruptor general	Nomenclatura del NS100 corresponent al interruptor general	Tipus de sortida
<b>A2</b>	A1	230 V
<b>A1</b>	B4	230 V
<b>1 i 2</b>	A2	O2(Ordre tancar)
<b>3 i 4</b>	A4	O1(Ordre obrir)

**Taula 1.** Taula de nomenclatures del NS100 i el telerruptor

Les següents imatges corresponen al connexionat interior de l'interruptor NS100 controlat pel SEPAM 1.1.3, per tant no coincideix el numero de cable amb les explicacions.



**Figura 32.** Connexionat Interior d'un NS100



**Figura 31.** Connexionat de control d'un NS100

Inicialment, les sortides del PLC anaven connectades a uns contactors auxiliars i aquests a la seva vegada a les entrades del NS100. Al conjunt del laboratori hi ha sis contactors auxiliars que fan d'intermediaris entre el PLC i el NS100.

Com es pot veure a la figura 32, les connexions a les entrades del NS100 eren:

a) L'alimentació del NS100 a 230 V.

Aquest cablejat correspon a l'alimentació del interruptor NS100 i no pateix canvis quan s'aboleix el PLC.

Connexió al NS100	Tipus
B4	230 V
A1	230 V

**Taula 2.**Connexions NS100

b) L'ordre d'obertura de l'interruptor

El cablejat referent a l'ordre d'obertura de l'interruptor és el que està connectat a l'entrada A4 del NS100. És el cable numero 61 (al NS100 1.1) que està connectat al contactor auxiliar K60 segons els esquemes de del TFG "Ampliació d'un laboratori de proteccions elèctriques".

c) L'ordre de tancament de l'interruptor

El cablejat referent a l'ordre d'obertura de l'interruptor és el que està connectat a l'entrada A2 del NS100. És el cable numero 63 que està connectat al contactor auxiliar K50 segons els esquemes de del TFG "Ampliació d'un laboratori de proteccions elèctriques".

Tot i que en un futur, es vol eliminar el PLC, de moment el cablejat es farà de dues formes alternatives, un cablejat passant pel PLC i l'altre anant directament al SEPAM. Així els interruptors i contactors es podran controlar des de dos llocs diferents; des del PLC com fins ara, o des del SCADA.

d) L'ordre d'obertura de l'interruptor

Per a l'ordre d'obertura de l'interruptor, s'ha utilitzat la sortida O1 tal i com es va fer a les proves, ja que es una sortida que el SEPAM té reservada exclusivament per donar ordre d'apertura, i que a diferència de les altres és fixa i no es pot utilitzar per una altra finalitat.

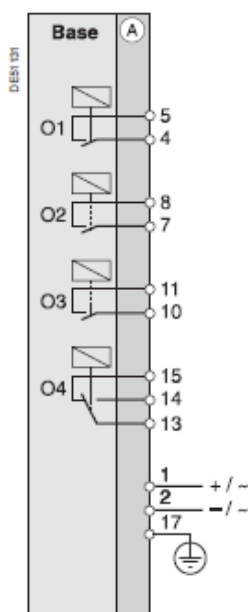
Les connexions queden segons la següent taula:

Connexió al NS100	Connexió al SEPAM S1.1	Tipus
<b>A4</b>	Sortida O1.Bloc A, Punt de connexió 4 a la regleta.	Ordre tancament
	Sortida O1.Bloc A, Punt de connexió 5 a la regleta.	Alimentació de la sortida O2 al SEPAM. 230V

**Taula 3.** Connexions de l'ordre d'obertura al SEPAM

e) L'ordre de tancament de l'interruptor

Tot i que a l' apartat 3.3.5 de proves, s'havia establert la sortida O3 per a l'ordre de tancament del telerruptor al SEPAM S02, anteriorment a aquest projecte, es va reservar la sortida O2 per l'ordre de tancament al SEPAM S1.1 i per tant, s'ha mantingut.



La diferència d'utilitzar la sortida O2 respecte a la O3 (tal i com s'havia fet a l'apartat de proves), només introdueix un petit canvi a l'hora de connectar l'interruptor NS100 al SEPAM.

En aquest cas s'utilitzaran les sortides 8 i 7 de la regleta del bloc A del SEPAM, en comptes de la 11 i 10.

A la següent figura es mostra el bloc de sortides del SEPAM, també anomenat bloc A.

Segons el datasheet del SEPAM sèrie 80, la sortida O1 sempre estarà reservada per a les ordres d'apertura d'interruptors, mentre que la resta, poden fer les dos funcions segons es configuri a la configuració interna del SEPAM.

**Figura 33.** Regleta del bloc A de sortides del SEPAM. Font Schneider Electric

L'ús de les sortides, es pot definir a partir del programa SFT2841 que accedeix a la configuració interna del SEPAM.

Finalment, les connexions queden segons la següent taula:

Connexió al NS100	Connexió al SEPAM S1.1	Tipus
<b>A2</b>	Sortida O2. Bloc A, Punt de connexió 7 a la regleta.	Ordre tancament
	Sortida O2. Bloc A, Punt de connexió 8 a la regleta.	Alimentació de la sortida O2 al SEPAM. 230 V

**Taula 4.**Connexions del NS100 al SEPAM

\* Del punt 7 de la regleta surten el cable amb numero 62 i 63, ja que s'ha decidit que a part d'afegir un control extern sobre el NS100, aquest segueixi connectat al PLC per una altra banda i així es pugui controlar des dels dos llocs. Per aquest motiu, el cable 63 seguirà connectat a través del K60, mentre que el 62 anirà directe.

Aquestes connexions es poden veure amb més detall a l'Apèndix B.Plànols.

Quan ja s'ha comprovat que l'interruptor actua com esperàvem, es realitza el mateix procediment sobre la resta de NS100 del laboratori, cadascun connectat al SEPAM que li correspongui.

### **Recablejat i connexió d'un contactor de l' anell**

Una vegada s'ha aconseguit establir el control sobre els NS100, s'ha provat amb els contactors de l'anell.

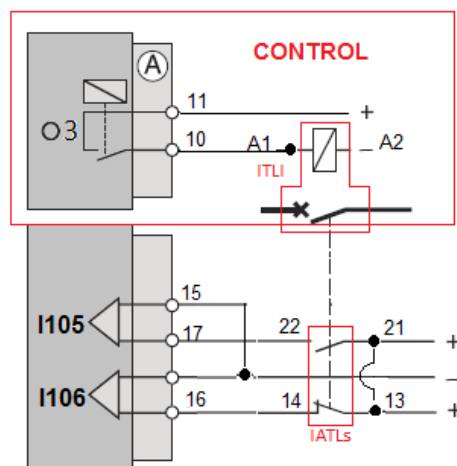
Com a exemple, s'explicarà el procediment realitzat per a cablejar el contactor K2.

Si es compara el cablejat del contactor amb el del NS100, aquest és molt més senzill, ja que el contactor s'activa al donar-li corrent, i només té una posició, així que només caldrà cablejar una sortida, mentre que el telerruptor en té dos, i per tant el cablejat és el doble, una sortida per a obrir i l'altra per a tancar.

A continuació s'adjunta una imatge del contactor i del connexionat que s'ha seguit per a establir aquest control.



**Figura 35.** Imatge del K2



**Figura 34.** Esquema del connexionat de control del K2 al SEPAM

Per al control d'aquest contactor K2, s'ha utilitzat la sortida O3 del SEPAM S82. En un inici es va trobar que el contactor estava cablejat de tal forma, que els mateixos cables que servien per alimentar-lo, també el controlaven. (Cables negres, provinents del PLC).

Una vegada recablejat el contactor, segons l'esquema adjunt, això s'ha corregit.

Les connexions han quedat segons la següent taula:

Connexió al NS100	Connexió al SEPAM S80 (S1.1)	Tipus
<b>A1</b>	Sortida O3. Bloc A, Punt de connexió 10 a la regleta.	Activació de la bobina del contactor
<b>A2</b>	Sortida O3. Bloc A, Punt de connexió 11 a la regleta.	Alimentació de la sortida O3 al SEPAM. 230 V

**Taula 5.** Connexions del NS100 i el SEPAM



Una vegada cablejat, se'n comprova el funcionament activant la sortida O3 manualment. Per a que el contactor respongui, no n'hi ha prou en forçar una ordre d'obertura com les del interruptor, sinó que s'ha d'enviar un pols més llarg.

Quan ja s'ha comprovat que el contactor actua com esperàvem, es realitza el mateix procediment sobre la resta de contactors de l'anell.

### *3.3.7. Monitorització dels contactors i interruptors NS100 al SEPAM*

Al revisar l'estat en el que estava el laboratori abans de començar-hi a fer res, es va detectar que el conjunt d'interruptors automàtics NS100, no tenien l'estat monitoritzat al SEPAM.

Donat que l'objectiu principal d'aquest projecte és la supervisió de variables i estats a través d'una interfície SCADA, era completament necessari que el SEPAM conegués en tot moment l'estat en el qual es trobaven els NS100 per tal de que el SCADA ho pogués llegir i mostrar per pantalla.

Per a assegurar-nos de que sabíem com cablejar la monitorització, es va fer primer al telerruptor de l'apartat 3.3.5, igual que s'havia fet amb el control.

Al comparar els dos esquemes per a intentar extrapolar al NS100, el que ja s'havia practicat a al telerruptor, es va veure que ens faltava un bloc auxiliar al NS100 per a la monitorització d'aquestes entrades. Per tant, aquest apartat queda pendent com a ampliació.

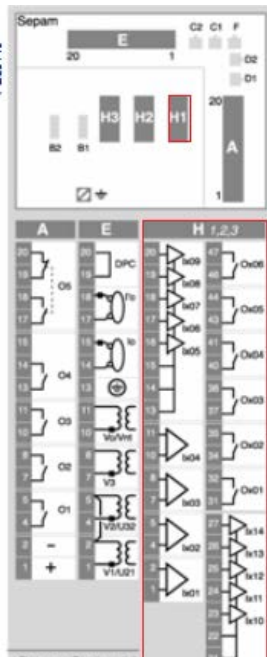
Encara que no es pugues connectar s'ha estudiat igual de quina forma es faria, igual que s'ha fet amb el control.

### **Monitorització d'un NS100**

La prova de funcionament de l'apartat 3.3.5, ens va servir per a identificar quin cablejat anava a les entrades del SEPAM.

S'ha de puntualitzar que la monitorització dels estats i el control no van connectats al mateix bloc del SEPAM, el primer es connecta al bloc d'entrades del SEPAM MES120 (Bloc destinat a entrades generals), en canvi el control es connecta a les sortides del bloc A (bloc destinat a sortides).

La regleta corresponent al bloc d'entrades generals (MES120) d'un SEPAM model 80 és la següent:



En aquest esquema, el bloc d'entrades que s'ha estat nomenant com a MES120 durant en aquest projecte, correspon a la H al dibuix.

El SEPAM accepta un total de tres blocs auxiliars d'entrades, però en el nostre cas, només n'hi ha un de connectat així que no hi ha el dubte de en quin bloc ens estem referint.

Tot i que les proves de control i monitorització s'havien fet amb el SEPAM S02 independent al laboratori, per a implementar-ho al SEPAM de capçalera (SEPAM 1.1) es podia seguir exactament el mateix procediment ja que es tracta d'un S80 i S82 i al ser de la mateixa sèrie les connexions no canvien.

**Figura 36.** Regleta del bloc d'entrades del SEPAM MES120(H). Font Schneider Electric

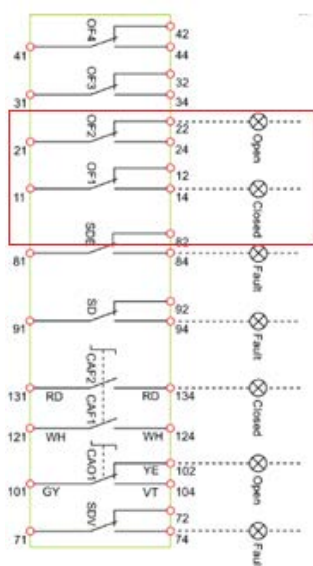
A la següent figura es mostra l'esquema del connexionat intern del bloc auxiliar per a la monitorització del NS100 i l'esquema de l'interruptor amb el qual s'han fet les proves a l'apartat 3.5.4.



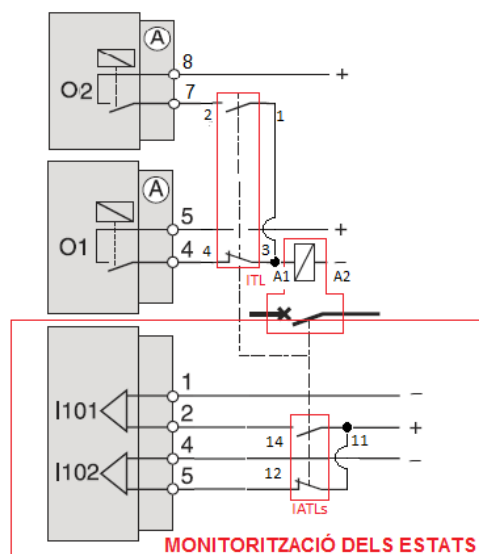
**Figura 37.** Interruptor NS100



**Figura 38.** Telerruptor ILTi 16AX



**Figura 40.** Esquema de connexions del bloc d'entrades del NS100. Font Schneider Electric



**Figura 39.** Esquema de connexions del telerruptor ILTi 16AX al SEPAM

Segons aquests esquemes, s'ha fet una taula amb la correspondència de connexions entre un esquema i l'altre:

Connexions del telerruptor ILTi	Connexions corresponents al NS100	Tipus d'entrada
<b>12</b>	21,22,24	Monitorització de l'estat <i>tancat</i>
<b>14</b>	11,12,14	Monitorització de l'estat <i>obert</i>

**Taula 6.** Connexions entre el telerruptor i el SEPAM

Com es pot observar, les connexions per a la monitorització passen per connectar els punts que apareixen a l'esquema de connexions del bloc auxiliar per a la monitorització del NS100, al bloc d'entrades del SEPAM MES120.

Segons els plànols de connexió de projectes anteriors, cada cable està numerat per a facilitar la seva identificació als plànols, així que s'ha conservat el número de cable que apareix als plànols.

Per a connectar-ho s'ha de tenir en compte:

- Bloc MES120, Entrada I01 (Connexió al punt 2 de la regleta)- Monitorització de l'estat *tancat*.
- Bloc MES120, Entrada I02 (Connexió al punt 5 de la regleta) - Monitorització de l'estat *obert*.

### **Monitorització d'un contactor de l' anell**

Com a exemple per explicar com s'ha realitzat la monitorització d'un contactor qualsevol, s'explicarà el procediment realitzat sobre el K2.

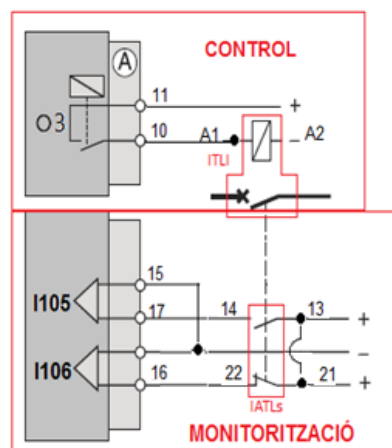
A diferència dels interruptors, els contactors ja estaven monitoritzats prèviament al SEPAM, però a través del PLC i dels seus contactes auxiliars.

El recablejat ha consistit en connectar el contactor directament de a les entrades del SEPAM. S'ha respectat el numero d'entrades a les quals estaven connectats amb anterioritat (I05 i I06). Per a fer-ho, s'han desconnectat els dos cables que anaven del PLC al contactor i s'han protegit amb regletes per a que no fessin contacte. Una vegada desconnectat el contactor del PLC, s'han tirat dos cables directes del contactor a les entrades del SEPAM.

A continuació es mostra l'esquema que s'ha seguir per a fer aquestes connexions, i una imatge de l'estat en que es trobava el contactor abans del recablejat.



**Figura 42.** Imatge del K2



**Figura 41.** Esquema del connexionat de monitorització del K2 al SEPAM

Tal i com s'observa a la figura, el cablejat numero 70 i 71 procedien del PLC i s'han desconnectat i connectat en regletes. Per altra banda s'ha tirat un cable de la sortida 22 NC del contactor al punt 17 de la regleta del bloc d'entrades. (I105) per

a l'estat NO.I finalment un altre cable de la sortida del contactor 14 NO fins al punt 16 de la regleta d' entrades (I106).

Les connexions que s'han realitzat a partir de la imatge actual del contactor K2 i de l'esquema de connexions realitzat, es mostren a la taula que hi ha a continuació.

<b>Connexió al Contactor K2</b>	<b>Connexió al SEPAM S80 (S1.1)</b>	<b>Tipus</b>
<b>Sortida 14 (NT)</b>	Entrada I105.Bloc MES120, Punt de connexió 17 a la regleta.	Monitorització de l'estat tancat
<b>Sortida 22 (NO)</b>	Entrada I106.Bloc A, Punt de connexió 16 a la regleta.	Monitorització de l'estat obert
<b>Sortida 13 (NO)</b>	Alimentació de l'entrada I105	230 V
<b>Sortida 21 (NT)</b>	Alimentació de l'entrada I106	230 V

***Taula 7.***Connexions del K2 al SEPAM

# **CAPÍTOL 4:**

# **POWER SCADA EXPERT**

Al següent capítol s'explica l'ampliació més important d'aquest projecte duta a terme: La integració de la interfície PowerSCADA Expert V7.40. Mitjançant la interfície SCADA es vol supervisar l'estat dels elements i equips involucrats en el laboratori, a la vegada que controlar-los.

A partir de l'ús d'aquest programa, s'ha redactat un seguit de tutorials que permeten posar en marxa el sistema SCADA i configurar-lo. Aquestes guies van dirigides a un perfil d'usuari, que mai abans hagi treballat amb una interfície d'aquestes característiques.

S'ha implementat un model de SCADA enfocat en la gestió d'energia, que ha estat cedit pel fabricant Schneider Electric.

## **4.1. Introducció**

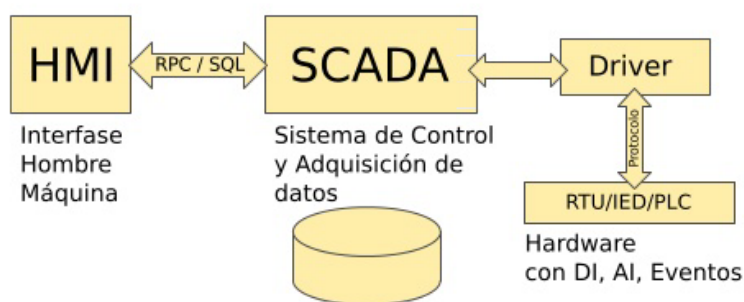
SCADA és l'acrònim de "Supervisory Control And Data Acquisition". És a dir, Supervisió de Control i Adquisició de Dades. És un software que té com a finalitat

observar les diferents variables de control i mesura que intervenen en un determinat procés industrial i permetre que es visualitzin en un ordinador.

El SCADA proporciona comunicació amb els dispositius de camp (sensors, actuadors, PLC, etc..) i a part de permetre centralització i supervisió de la informació d'un procés industrial, també té la capacitat d'intervenir a distància en la modificació de certs paràmetres de control.

#### 4.1.1. Fonaments teòrics d'una interfície SCADA

- **Esquema general d'un sistema SCADA**



**Figura 43.** Esquema general d'un sistema SCADA. Font: Defossé Nahuel

- **Funcions principals**

Les funcions principals d'un SCADA són:

- **L'adquisició de dades.** Aquesta consisteix en processar i emmagatzemar la informació rebuda sobre el procés que s'està efectuant pels dispositius de camp. Aquesta informació pot ser analitzada i comparada amb l'obtinguda en algun moment anterior per a determinar tendències, valors màxims o mínims etc.
- **La supervisió de dades.** Permet observar des de la pantalla d'un ordinador la evolució de les variables de control.
- **El control remot d'equips.** Permet modificar la evolució del procés actuant o bé sobre els reguladors autònoms bàsics (valors de consignes, alarmes) o bé pot activar o desactivar remotament determinats equips de la planta (contactors, motors, etc).
- **La transmissió.** Existeix una transmissió d'informació amb dispositius de camp (PLC) i altres ordinadors.

- **Visualització gràfica.** Es poden visualitzar imatges estàtiques o en moviment que representin el comportament de certs elements de la planta. També es poden crear gràfiques sobre els valors de les variables d'interès, les consignes, les accions de control, etc.
- **Generació d'informes.** El sistema permet generar informació amb dades estadístiques del procés en un temps que determina l'operador. Un paquet SCADA també ha d'estar en disposició d'oferir unes certes prestacions al client.
- **Possibilitat de creació de senyals d'alarma.** Són unes senyals que poden ser visuals o acústiques i que alerten al operador de la presència d'algun error en el sistema o també la presència d'una condició perjudicial. Quan una senyal es troba en estat d'alarma, la presentació per pantalla depèn del tipus d' alarma que estem veient i també de la prioritat que aquesta tingui dins el sistema.
- **Tipus d'alarmes**

Es diferencia entre dos tipus d'alarmes: les analògiques i les digitals.

- a) Alarmes analògiques: Aquest tipus d'alarmes són generades quan el valor de la senyal excedeix del seu rang normal d'operació, sobrepassant els seus límits. Aquests límits poden ser valors constants o variables. A aquests valors se'ls sol introduir un marge d'error per a salvar una situació on el valor d' una senyal oscil·li a prop d'un valor límit d'alarma. Així s'evita que el valor de la senyal estigui entrant i sortint del estat d' alarma repetidament. Aquest marge d'error es conegut com a banda morta.
- b) Alarmes discretes: Aquest tipus d'alarmes són generades per senyals que representen un estat fixe (verdader/fals, apagat/encès).

#### Classificació de la prioritat de les alarmes

Un altre paràmetre a considerar sobre les alarmes és la prioritat d'aquestes. S'estableix una prioritat entre les alarmes per a indicar al operador la importància que té cadascuna dins el sistema. Es classifiquen en diferents colors per a fer aquesta diferenciació més fàcil visualment. Es solen utilitzar els colors vermell, groc, gris i blau. Els nivells de prioritat de les alarmes es solen classificar en quatre tipus, de més important a menys:

Prioritat crítica: S'estableix aquesta prioritat en una alarma quan està en perill components del equip o personal.



Prioritat no crítica: Establint aquest tipus de prioritat en una alarma, avisa al operador que ha de realitzar una acció però no és necessari que sigui immediata.

Guia del operador: Aquesta alarma només subministra una informació a l'operador.

- **Esdeveniment:** Aquesta alarma subministra informació sobre alguns esdeveniments de poca importància.
- **Programació d' esdeveniments.** Amb aquesta opció és possible executar automàticament una sèrie d'accions com impressió d'informes, estadístiques, etc.
- **Emmagatzemant de la informació.** El SCADA emmagatzema dades que poden ser adquirides amb posterioritat per a treballar amb elles. L'operador del SCADA és qui decideix amb quina freqüència s'emmagatzemen aquestes dades. Aquesta informació pot ser bolcada sobre un full de càlcul.
- **Execució de programes.** Amb el SCADA hi ha la possibilitat d'executar programes que puguin modificar la llei de control o inclús anular processos encomanats prèviament al autòmat, però sota certes condicions
- **Programació numèrica.** Ha d'haver la possibilitat de realitzar càlculs aritmètics d'elevada resolució sobre la CPU del ordinador.

- **Utilitat d'un SCADA**

Tal i com s'ha explicat anteriorment, un SCADA és necessari per al control remot d'una planta on s'està portant a terme un procés industrial. Però no és necessari a cada procés industrial, i per tant abans de comptar amb un sistema així s'ha de valorar si val la pena i se'n traurà l'ús desitjat.

Es considera necessària la instal·lació d'un sistema SCADA en aquests casos:

- Si el numero de variables a monitoritzar i controlar és elevat.
- Si el procés està geogràficament distribuït, és a dir, si hi ha la necessitat de controlar una planta a distància remotament, per exemple des d'un altra ciutat o país. Tot i que també és útil encara que la planta es vulgui controlar i supervisar des de la mateixa localitat.

- Si la informació del procés es requereix en temps real.
- Si es vol optimitzar, o facilitar operacions dins la planta. També serveix per augmentar la seguretat dins d'aquesta.
- Si es vol augmentar els beneficis, per exemple millorant la efectivitat de la producció dins la planta. Sempre que els beneficis superin la inversió inicial de la instal·lació del SCADA

- **Requisits que ha de complir un SCADA**

Tot SCADA, independentment del fabricant o model, hauria de complir una sèrie de requisits per a que es pugui treure profit de la seva instal·lació.

- **Arquitectura oberta.** Els sistemes SCADA han de ser sistemes d'arquitectura oberta, és a dir, han de tenir la capacitat per a una possible ampliació segons les necessitats de l'empresa que l'utilitza.
- **Facilitat en la instal·lació.** Han de ser programes fàcils d'instal·lar, sense excessives exigències de hardware i que siguin intuïtius de cara a l'usuari.
- **Sistema de comunicació adequat.** El sistema de comunicació ha de ser capaç de comunicar a l'usuari amb la resta de la planta de forma senzilla i fiable.

- **Mòduls de software**

Els mòduls de software que permeten les activitats de d'adquisició, supervisió i control de dades són els següents:

- **Configuració.** Permet al usuari definir l'entorn de treball del seu SCADA, adaptant-lo a un procés industrial en concret.
- **Interfície gràfica del operador.** Proporciona a l'operador les funcions de control i supervisió de la planta. El procés es representa mitjançant sinòtics gràfics.
- **Mòdul de procés.** A partir dels valors actuals de les variables a analitzar, el mòdul de procés executa les accions que han estat prèviament programades.
- **Gestió d'arxiu de dades.** És el mòdul de software que s'encarrega d'emmagatzemar i processar l'ordre de les dades, de forma que una altra aplicació hi pugui accedir.
- **Comunicacions.** S'encarreguen de la transmissió d'informació entre el hardware que suporta el SCADA i la planta.

- **Conjunt d'elements que formen un SCADA**

Per a que el SCADA pugui dur a terme les funcions que li han estat assignades per l'usuari, és necessari que aquest estigui conformat per una sèrie d'elements que ho fan possible. Aquests són:

- **Unitat terminal remota (RTU).** Aquesta unitat és un equip que obté les dades d'interès dels diferents dispositius de la planta, les codifica i les transmet a una unitat terminal mestra (MTU) mitjançant un mòdul de comunicacions.

LA RTU està connectada físicament als dispositius de planta i pot o bé fer una exploració de les variables del procés que s'està efectuant, o bé actuar directament sobre aquests. Aquesta té la capacitat de monitoritzar un numero d'entrades i sortides realitzades amb un procés, analitzar dades en temps real, executar algoritmes de control dissenyats per l'usuari, la comunicació amb l'estació mestra i en alguns casos amb unes altres estacions remotes.

Per ordre de la MTU, la RTU també pot efectuar canvis directament a la planta, activant o desactivant interruptors, vàlvules, etc.

La RTU es comunica amb la MTU mitjançant una xarxa de comunicacions. Aquesta acostuma a ser o bé una xarxa LAN o un bus de camp que es connecta directament a la MTU.

A l'hora d'escollir una RTU s'ha de tenir en compte el tipus de comunicació amb el que treballarà, el numero de ports dels quals aquesta disposa i el mida de la memòria. El protocol de comunicació, estructura del missatge i tècniques de correcció d'errors son pròpies de cada fabricant.

- **Unitat terminal Mestra (MTU).** La unitat terminal Mestra és l'element central de control d'un sistema d'adquisició de dades i control supervisor. La seva funció inclou tots els processos de recollida de dades i enviament de comandaments remots. Quan es fa referència a una MTU això inclou tant les comunicacions amb els equips de camp (RTU i PLC) com també el programari necessari per a que aquest intercanvi de informació es pugui dur a terme. Aquest programari, entre altres, inclou la interacció persona-ordinador (HMI).
- **Interacció persona-ordinador ("Human Machine Interface"-HMI).** És la disciplina que estudia l'intercanvi d'informació entre les persones i els ordinadors. Mitjançant un entorn visual, permet visualitzar cada un dels processos de la planta en cada moment. Té com a funció la interacció entre els humans i l'ordinador.
- **Sistema de comunicacions.** El sistema de comunicacions és essencial per tal que la informació pugui ser enviada i rebuda des dels diferents dispositius (RTU,MTU,PLC,etc).

- **Instrumentació de camp.** La instrumentació de camp són els dispositius ubicats a la planta (PLC, sensors, actuadors, controladors) que fan possible la posada en marxa de tot procés industrial. Es poden connectar a les RTU i MTU mitjançant xarxes de comunicació que acostumen a ser del tipus LAN o busos de camp.

- **Diferència entre SCADA i els DCS (distributed control system)**

Un sistema de control distribuït (Distributed Control System-DCS) és un sistema de control que compleix amb les seves funcions de control a través d'una sèrie de mòduls de control automàtics i independents, distribuïts en planta. Tot i que la seva funció acaba sent ben bé igual a la d'un SCADA, existeixen diferències entre aquests dos.

Les principals diferències entre un SCADA i un DCS són:

- **Tipus d'arquitectura.** Un DCS té un tipus d'arquitectura distribuïda, com el seu propi nom indica. Amb això busca que el control de tota la planta no estigui centrat en una única unitat, és a dir, en cas que una unitat de control fallés, les altres podrien seguir funcionant igual. Mentre que en un sistema SCADA és d'arquitectura centralitzada i es busca justament el contrari, controlar tota la planta des d'un punt.
- **Tipus de variables.** En un SCADA són variables desacoblades mentre que en un DCS es treballa amb variables acoblades.
- **Àrea d'acció.** En un SCADA l'àrea d'acció és generalment extensa, un SCADA pot controlar remotament una planta des d'una altra localitat, mentre que en un DCS l'àrea d'acció es limita a l'àrea de la mateixa planta.
- **Unitats d'adquisició de dades.** En un SCADA són remotes o mitjançant PLC, en un DCS són controladors de llaç i PLC.
- **Mitjans de comunicació de dades.** Els mitjans de comunicació típics en SCADA són la radio, línies telefòniques, LAN, WAN. En canvi en DCS la comunicació es transmet només mitjançant xarxes d'àrea local (connexió directa).
- **Base de dades.** Un DCS treballa amb una sola base de dades integrada per totes les senyes variables, objectes gràfics, alarmes i esdeveniments del sistema, mentre que un SCADA i PLC tenen cadascun la seva base de dades de forma independent. Per a comunicar-se entre si necessiten trobar un protocol comú.

## 4.2. Procés industrial a supervisar

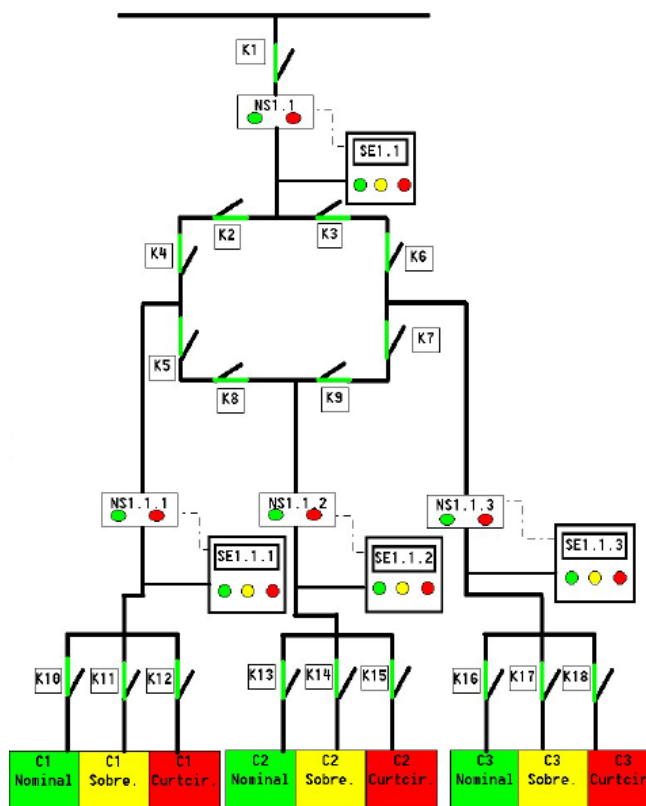
Tal com s'ha mencionat anteriorment, SCADA és un acrònim de *Supervisory Control And Data Acquisition*. És a dir, el seu objectiu és la supervisió, control i adquisició de dades d'un procés industrial a distància. Tot i que és utilitzat en processos industrials com a fàbriques, plantes de tractament, etc., en aquest projecte s'implementarà a petita escala en una plataforma docent i servirà per a que els alumnes tinguin un primer contacte amb un sistema d'aquestes característiques.

### 4.2.1. Xarxa de distribució d'anell obert

El procés a supervisar amb el software SCADA és una xarxa de distribució d'energia elèctrica en anell obert a petita escala.

L'estructura d'anell obert té la particularitat de poder subministrar energia a la càrrega per dos camins diferents. En condicions normals, només un d'aquests camins està activat i l'altre es manté obert i només s'utilitza en cas de falta. D'aquesta forma es pot mantenir el subministrament tot i haver-hi un defecte en algun punt de la instal·lació, i aquest es pot aïllar.

La xarxa d'anell obert està representada mitjançant el següent esquema:



**Figura 44.** Xarxa de distribució d'anell obert. Font: TFG Pau Manero

Aquesta imatge, que ja ha aparegut en algun apartat anterior, és la que ens mostra la pantalla principal del programa PL7, des d'on podem activar/desactivar els contactors i interruptors de l'anell manualment. La programació interna del PLC està dissenyada per a que no puguin estar mai tots els contactors tancats, i així complir la funció d'anell obert. Al menys un ha d'estar sempre obert.

El laboratori de proteccions està compost de l'anell obert que es el que distribueix la energia pels diferents camins, i tres línies que surten d'allà i van a parar a tres consums representats per bombetes. Si ho comparem amb un sistema real, les bombetes serien cases, fàbriques, hospitals etc.

Cada línia, tant al laboratori com a les instal·lacions reals, té la seva protecció per a obrir el circuit si es produeix una sobrecàrrega o curtcircuit. Igual que als sistemes de distribució amb anell obert reals, el laboratori també permet alimentar un mateix punt per dos camins diferents si hi ha una falla, i per tant aïllar aquesta sense tallar el subministrament.

A continuació s'explicarà breument el procediment que s'ha de seguir per a donar corrent a una càrrega, ja sigui al laboratori de proteccions o a una càrrega d'una instal·lació real.

Si es vol simular que hi ha una càrrega connectada a la línia 1 que consumeix corrent en valors nominals, s'ha d'activar el contactor K10. Aquest contactor correspon a l'encesa de tres bombetes que representen el valor de consum estipular com a nominal. Si només hi ha tres bombetes enceses per línia (d'un total de 9), no haurà d'actuar cap protecció perquè per la línia estarà circulant un valor nominal de corrent.

Per a que aquestes bombetes s'encenguin, és a dir, la càrrega tingui consum, ens haurem d'assegurar que:

- El contactor K10 estigui activat.
- El interruptor automàtic NS 1.1.1 (encarregat de protegir la línia 1) estigui tancat.
- El contactor K4 i K2 han d'estar tancats (ja que és el camí per on pot circular el corrent més directe).

Com la càrrega es pot alimentar per dos camins. També tenim la opció de tancar el K3, K6, K7, K8 i K9 i K5 enlloc dels nombrats anteriorment.

Una vegada ens hem assegurat que els contactors de l'anell estan activats de forma que permetin el pas de corrent cap a la línia 1, ens haurem d'assegurar que l'interruptor automàtic NS1.1 i el contactor K1 estiguin tancats.

Si s'ha seguit aquests passos, les tres bombetes s'haurien d'il·luminar, i per tant hi hauria consum a la càrrega tal i com es mostra a la següent fotografia.



**Figura 45.** Carregues de la línia 1 en funcionament

Dins d'una mateixa línia hi ha tres bombetes, una connectada a cada fase.

Si es provoques un curtcircuit (activant nou bombetes per línia) o una sobrecàrrega (activant sis bombetes per línia) en qualsevol de les tres línies, els interruptors NS100 obririen la línia i per tant s'apagarien les bombetes.

Per a tornar a la normalitat, s'hauria de rearmar els interruptors manualment i obrir els contactors responsables d'haver creat la falta, és a dir, K10,K11,K13,K14,K16 i K17 per a sobrecàrrega i K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16 i K17 per a curtcircuit.

Els SEPAM són els relés encarregats de controlar que el valor de corrent que passa pel les línies sigui l'adequat, aquest variarà segons el numero de carregues que estiguin consumint energia en aquell moment.

En aquest sistema de xarxa de distribució, mitjançant el SCADA supervisarà en temps real:

- Estats dels contactors de l'anell.
- Estat dels interruptors automàtics.
- Valors de Intensitat que circula per les línies.
- Valors de tensió simples i compostos.
- Valors de freqüència.
- Estat de les comunicacions de la xarxa Ethernet.
- Defectes a la xarxa.

### 4.3. Funcionalitat del SCADA dins del procés

El Power SCADA Expert té com a objectiu la supervisió, el control i l'adquisició de dades d'una part del laboratori. El programa, a través de la xarxa Ethernet i mitjançant el protocol IEC61850, estableix comunicació amb els SEPAM.

Això significa que les dades que aquest programa pugui supervisar i mostrar per pantalla estaran exclusivament relacionades amb les que els SEPAM llegeixin. Tot i que els SEPAM, a la seva vegada estiguin connectats al PLC, el programa no es comunica directament amb l'autòmat i per tant no pot llegir la informació continguda en el mateix. Només representarà per pantalla allò que veuen els SEPAM.



Segons si la sèrie del SEPAM és d'un model més senzill (20 o 40) o és d'un model més avançat (80) , aquests podran llegir més o menys variables. Depèn de a quin SEPAM fem referència, ens mostrarà l'estat de les variables d'una línia o una altra, segons com estiguin connectats dins el laboratori.

A part de les variables internes de cada SEPAM, el programa també podrà mostrar tota la informació pertinent als diferents blocs de sortides que estan connectats als SEPAM.

A la imatge 44 on es mostra la pantalla d'inici del programa PL7, es pot veure on esta situat cada SEPAM dins el laboratori i de quina línia en llegeix les dades.

- La informació referent als contactors K2 i K3 la llegeix el SEPAM 1.1.
- La informació referent als contactors K4 i K5 la llegeix el SEPAM 1.1.1.
- La informació referent als contactors K8 i K9 la llegeix el SEPAM 1.1.2.
- La informació referent als contactors K6 i K7 la llegeix el SEPAM 1.1.3.

Per aquest motiu, el SEPAM podrà llegir l'estat de cada contactor en cada moment, i transmetre la informació al SCADA el qual visualitzarà per pantalla aquests estats. S'ha de tenir en compte que els SEPAM tenen quatre sortides reservades exclusivament per a connectar-hi interruptors. Dues són per a la monitorització de l'estat dels interruptors i dues més pel control d'aquests.

Els contactors de l'anell, en canvi, no estan connectats a aquestes sortides reservades per interruptors per dos motius; Primerament perquè estan pensades per a connectar-hi un interruptor, i tenim dos contactors. En segon lloc, perquè s'hi connecten els interruptors automàtics NS100, que n'hi ha quatre, un connectat a cada SEPAM.

Com s'ha nombrat anteriorment, els contactors de l'anell estan cablejats del PLC al SEPAM. Però en canvi el contactor d'engegada K1 i contactors pertanyents a les càrregues (Del K10 al K18) estan cablejats al PLC però no al SEPAM.

Per tant, aquest últim no en pot llegir l'estat. Conseqüentment , com el SCADA implementat només recull la informació dels SEPAM, tampoc podrà mostrar l'estat d'aquests contactors.

Tot i que el laboratori es va trobar cablejat d'aquesta forma abans de començar el projecte, existeixen contactes lliures de potència als SEPAM on s'hi podrien connectar aquests contactors per tal de poder coneixen l' estat i poder transmetre tota la informació al SCADA.

El programa SCADA també s'utilitzarà per a conèixer l'estat de les comunicacions. Servirà per saber si els SEPAM estan comunicant amb el programa mitjançant la xarxa Ethernet o si per contra aquesta comunicació es talla o es inexistent.

A part de l'estat dels contactors, interruptors i les comunicacions, mitjançant el SCADA, també es podran mostrar un seguit de variables del laboratori en temps real. Aquestes es detallen seguidament.

#### 4.3.1. Llistat de variables a supervisar

A continuació es mostren el conjunt de variables que cada SEPAM pot llegir del tros de línia a la qual protegeix. Tal i com s'ha comentat anteriorment, segons el model de SEPAM, aquest llegirà un numero de variables diferents.

- **SEPAM M20**

El SEPAM S 1.1.1 (M20) protegeix la part de línia de la càrrega 1 i per tant les mesures que prendrà correspondran a aquella part.

A la taula següent es mostren les variables que pot llegir un SEPAM del model M20.

	Modelo de Sepam		Motor M20	Juego de barras	
	Subestación S20	Transformador T20		B21 <sup>(3)</sup>	B22
Medidas					
Intensidad de la fase I1, I2, I3 RMS, corriente residual Io	■	■	■		
Corriente media I1, I2, I3, maxímetro de corriente IM1, IM2, IM3	■	■	■		
Tensión (U21, U32, U13, V1, V2, V3), tensión residual Vo				■	■
Tensión directa Vd / sentido de rotación				■	■
Frecuencia				■	■
Temperatura		□	□		

**Figura 46.** Mesures del SEPAM M20. Font: Schneider Electric

Aquest SEPAM és capaç de llegir la intensitat per fase, la intensitat residual, la intensitat màxima i mitja per fase i la temperatura, en cas que estés instal·lada la sonda de temperatura al SEPAM.

- **SEPAM S41 i S42**

El SEPAM S1.1.2 (S42) protegeix la línia que alimenta la càrrega 2 i el SEPAM S1.1.3 (S41) protegeix la línia que alimenta a la càrrega 3. Per tant, les mesures captades pels SEPAM seran les corresponents a aquestes dues línies. A la taula següent es mostren les variables que pot llegir un SEPAM del model S41 i S42.

Medidas	Modelo de Sepam						
	Subestación			Transformador		Motor	Generador
	S40	S41	S42	T40	T42	M41	G40
Intensidad de la fase I1, I2, I3 RMS, corriente residual Io	■	■	■	■	■	■	■
Corriente media I1, I2, I3, maxímetro de corriente IM1, IM2, IM3	■	■	■	■	■	■	■
Tensión (U21, U32, U13, V1, V2, V3), tensión residual Vo	■	■	■	■	■	■	■
Tensión directa Vd / sentido de rotación, tensión inversa Vi	■	■	■	■	■	■	■
Frecuencia	■	■	■	■	■	■	■
Potencia activa, reactiva y aparente P, Q, S	■	■	■	■	■	■	■
Maxímetro de potencia PM, QM	■	■	■	■	■	■	■
Factor de potencia	■	■	■	■	■	■	■
Energía activa y reactiva calculada (±Wh, ±VARh)	■	■	■	■	■	■	■
Energía activa y reactiva por conteo de impulsos (±Wh, ±VARh)	□	□	□	□	□	□	□
Temperatura				□	□	□	□

**Figura 47.** Mesures dels SEPAM S41 i S42. Font: Schneider Electric

En el cas dels SEPAM S41 i S42, es poden llegir més variables si es compara amb el model anterior M20. Però en canvi no hi és l'opció conèixer la temperatura.

Com a novetats respecte el model anterior hi ha les tensions (tensió simple de les fases, la tensió composta, la tensió residual, tensió directa i inversa), la potència (activa, reactiva, aparent, potència màxima, factor de potència), i l'energia (activa i reactiva).

- **SEPAM S80 i S82**

El SEPAM S1.1 (S82) protegeix la part de línia que va des del contactor K1 fins l'anell i per tant les mesures que prendrà correspondran a aquest tros de línia.

A la taula següent es mostren les variables que pot llegir un SEPAM del model S80 i S82.

Medidas	Subestación			Transformador			Motor		Generador			
	S80	S81	S82	T81	T82	T87	M81	M87	M88	G82	G87	G88
Intensidad de fase RMS I1,I2,I3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corriente residual calculada I0Σ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corriente media I1, I2, I3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Maxímetro de corriente IM1,IM2,IM3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corrientes residuales medidas I0, I'0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tensión U21, U32, U13, V1, V2, V3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tensión residual V0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tensión directa Vd / sentido de rotación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tensión inversa Vi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Frecuencia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Potencia activa P, P1, P2, P3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Potencia reactiva Q, Q1, Q2, Q3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Potencia aparente S, S1, S2, S3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Maxímetro de potencia PM, QM	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Factor de potencia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Energía activa y reactiva calculada (±W.h, ±var.h)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Energía activa y reactiva mediante conteo de impulso <sup>(2)</sup> (± W.h, ± var.h)	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Corriente de fase RMS I'1,I'2,I'3						■	■	■	■		■	■
Corriente residual calculada I'0Σ						■	■	■	■		■	■
Temperatura (16 sondas) <sup>(2)</sup>				□	□	□	□	□	□	□	□	□
Velocidad de rotación <sup>(2)</sup>							□	□	□	□	□	□
Tensión de punto neutro Vnt							■	■	■	■	■	■

**Figura 48.** Mesures del SEPAM S80 i S82. Font: Schneider Electric

Entre els SEPAM del model 80 i els del 40 no hi ha diferència pel que fa a les variables que poden llegir.

Tot i el conjunt de mesures que ofereixen els SEPAM, al laboratori només se'n prendran una part d'aquestes.

A continuació es mostrarà una taula resum amb el conjunt de variables que es supervisaran al laboratori.

Les variables i estats que es volen supervisar al laboratori són:

<b>Potència Línies</b>	<b>Tensió Línies</b>	<b>Corrent Línies</b>	<b>Estat K</b>	<b>Estat Comunicacions</b>
Activa fase A	Simple fase A	Fase A	K1	SEPAM 1.1
Activa fase B	Simple fase B	Fase B	K2	SEPAM 1.1.1
Activa fase C	Simple fase C	Fase C	K3	SEPAM1.1.2
Activa total	Composta fases AB	Fase A (Valor de pic)	K4	SEPAM 1.1.3
Reactiva fase A	Composta fases BC	Fase B (Valor de pic)	K5	
Reactiva fase B	Composta fases CA	Fase C (Valor de pic)	K6	
Reactiva fase C			K7	
Reactiva Total			K8	
Aparent fase A			K9	
Aparent fase B				
Aparent fase C				
Aparent Total				
Activa (valor de pic)				
Reactiva (valor de pic)				
Aparent(valor de pic)				
<b>Freqüència</b>	<b>Factor de potència</b>			

**Taula 8.** Taula de mesures obtingudes al laboratori

#### 4.3.2. Llistat de variables a controlar

A la taula que hi ha a continuació es mostra el conjunt de variables que es volen controlar.

Estats dels K	Estats dels NS100
K1	NS100 1.1
K2	NS100 1.1.1
K2	NS100 1.1.2
K4	NS100 1.1.3
K5	
K6	
K7	
K8	
K9	

**Taula 9.** Llistat de variables a controlar

## 4.4. Comunicacions

#### 4.4.1. Tipus de xarxa de model de dades

Les comunicacions entre els diferents equips del laboratori es duran a terme mitjançant una xarxa d'àrea local (LAN), a la qual, estaran tots connectats.

Al 1985 l'Institut d' Enginyers Elèctrics i Electrònics (IEEE) va redactar una sèrie de normes per tal d'estandarditzar les xarxes d'àrea local (LAN) sota la denominació IEEE 802.X. Aquestes normes es van redactar amb la finalitat d'aconseguir que diferents tipus de tecnologies es poguessin integrar i treballar juntes. El projecte 802 defineix aspectes relacionats amb el cablejat físic i la transmissió de dades.

Dins del estàndard IEEE 802, els més coneguts són les xarxes Wi-Fi (IEEE 802.11) i les xarxes Ethernet (IEEE 802.3), que en aquest cas, és la xarxa que s'utilitzarà al laboratori.

Ethernet és una xarxa amb topologia lògica en bus, l'estàndard de la qual defineix el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) com protocol d'accés al medi.

En l'Accés Múltiple amb escolta de portadora i detecció de col·lisions (CSMA/CD), els dispositius de xarxa escolten el medi abans de transmetre, és a dir, és necessari determinar si el canal i els seus recursos es troben disponibles per a realitzar una transmissió. Quan el canal està disponible, el host pot transmetre.

Com es pot donar el fet que una altra estació hagi realitzat una transmissió simultàniament, cada estació que transmet, escolta el canal a mesura que envia la primera part del seu missatge. Si no escolta cap altra senyal, continua fins que ha enviat tot el missatge. Si la subestació detecta una altra senyal mentre ella està transmetent, llavors deté aquesta transmissió i envia una senyal d'embús. Totes les senyals que escolten aquesta senyal d'embús, esborren el paquet rebut parcialment, ja que no s'ha pogut acabar d'enviar, i esperen un període aleatori abans de tornar a començar la transmissió.

Aquest mètode CSMA/CD utilitzat per Ethernet, té com avantatge el fet de que totes les estacions tindran l'oportunitat de transmetre en algun punt en el temps i a més, és un sistema que s'executa a sí mateix i per tant no necessita cap administració.

El mètode CSMA/CD també té algunes desavantatges. Cada vegada que una estació transmet, hi ha la possibilitat que aquestes dades col·lisionin amb d'altres, d'una altra estació. Aquesta col·lisió provocarà la pèrdua del missatge que s'estava enviant i per aquest motiu serà necessària una retransmissió d'aquest paquet d'informació. El fet que es produeixin retransmissions i col·lisions congestiona el cable i per tant fa disminuir la velocitat de la xarxa Ethernet.

Una xarxa Ethernet posseeix una velocitat de 10 Mbit/s, tot i que amb l'estàndard Fast Ethernet s'arriba als 100 Mbps i amb el Giga Ethernet fins a 2GBps.

#### 4.4.2. Configuració

Tal i com ja s'ha explicat anteriorment, les comunicacions entre els elements del laboratori i el SCADA, es faran mitjançant una xarxa Ethernet i s'utilitzarà protocol de comunicació estandarditzat IEC61850.

Per a establir comunicació amb la interfície SCADA i els SEPAM, s'han necessitat l'ús de tots aquests arxius de configuració explicats a l'apartat 2.3.5. En aquest apartat es descriu detalladament les característiques de la norma IEC61850. També es menciona breument l'existència d'un llenguatge de configuració (SCL), que ve definit per aquesta norma amb la finalitat d'establir comunicació entre diferents IED.

Durant la configuració de les comunicacions del SCADA, s'ha fet ús de diferents tipus d'arxius SCL; Com per exemple el ICD, el CID i el SDC.

Els arxius ICD han estat proporcionats pel fabricant dels SEPAM Schneider Electric, en canvi els arxius SCD i els CID s'han obtingut mitjançant el software SFT2841. L'ús d'aquests arxius està explicat en forma de tutorial a l'*Apèndix C.Tutorials*.

## 4.5. Posada en marxa del Power SCADA Expert

### 4.5.1. Instal·lació

El primer pas per a començar a treballar amb el programa passa per instal·lar-lo. En aquest apartat s'ha detallat un tutorial de la instal·lació pas a pas del programa. S'ha els problemes sorgits durant la instal·lació i una solució alternativa per a instal·lar-lo si no fos possible de la forma convencional.

Degut a la extensió d'aquest apartat, es troba al *l'Apèndix C.Tutorials, punt 1*.

### 4.5.2. Parts del programa

L'aplicació Power SCADA Expert ha estat desenvolupada a partir del software Citect.

El SCADA Citect consta d'unes parts definides:

- i. **La configuració de l'entorn.** Engloba totes aquelles aplicacions del programa que permeten crear un projecte que després s'haurà d'executar.
- ii. **L'aplicació Runtime (execució del programa)** .És l'aplicació que s'utilitza per a controlar i monitoritzar el procés industrial, és a dir, l'aplicació que executa el projecte que s'ha creat i et permet la comunicació amb els IED per a supervisar-ne el seu estat en temps real.



La configuració de l'entorn està composta per quatre parts que es descriuran breument a continuació:

**a) Citect Explorer** (Pantalla d'exploració).

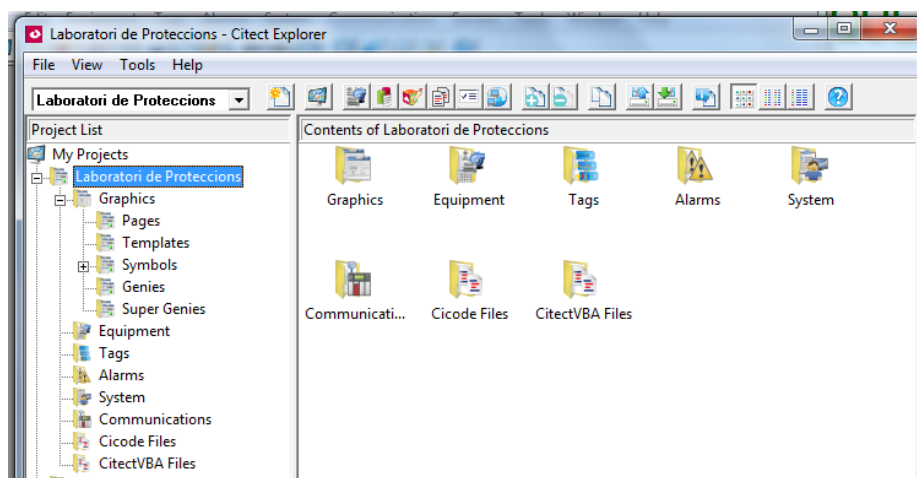
El *Citect Explorer* és el que ve a ser la pantalla principal del programa que et permet crear el projecte i també executar el projecte (Posar-lo en mode *Run*).

Tal i com es veu a la imatge que hi ha a continuació, a partir de la pantalla d'exploració és pot:

- Crear els gràfics, és a dir, editar les pàgines on aniran els sinòptics.
- Visualitzar els *tags* associats als IED, podent-ne afegir, tant de locals com externs.
- Visualitzar el nombre d'equips que s'han creat al sistema.
- Definició de la configuració d'alarmes.
- Configurar paràmetres relacionats amb les comunicacions .

Quan s'obre el programa, la primer pantalla que apareix és el *Citect Explorer* i les altres s'obren però es queden minimitzades. Quan aquest es tanca, la resta de pantalles es tanquen automàticament.

La següent imatge mostra la pantalla corresponent al *Citect Explorer*.



**Figura 49.** Pantalla del *Citect Explorer*

**b) Project editor** (L'editor de projectes).

El *project editor* conté la informació de la configuració del projecte creat, allà s'emmagatzema tota la base de dades del programa, com poden ser el numero i tipus de *tags* creats, els equips que s'han creat per al projecte, el tipus d'alarmes que hi ha configurades i les comunicacions.

La següent imatge mostra la pantalla corresponent al *Project editor*.

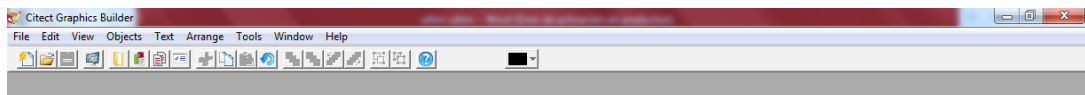


**Figura 50.** Pantalla del Project Editor

**c) Citect Graphics Builder** (L'editor de gràfics).

A partir del *Citect Graphics Builder* es pot crear i editar tantes pàgines com es vulgui dins d'un projecte. Ofereix un seguit d'opcions per al disseny del sinòptic, com d'inserció de símbols, genis, o altres figures.

La següent imatge mostra la pantalla corresponent al *Citect Graphics Builder*.



**Figura 51.** Pantalla del Citect Graphics Builder

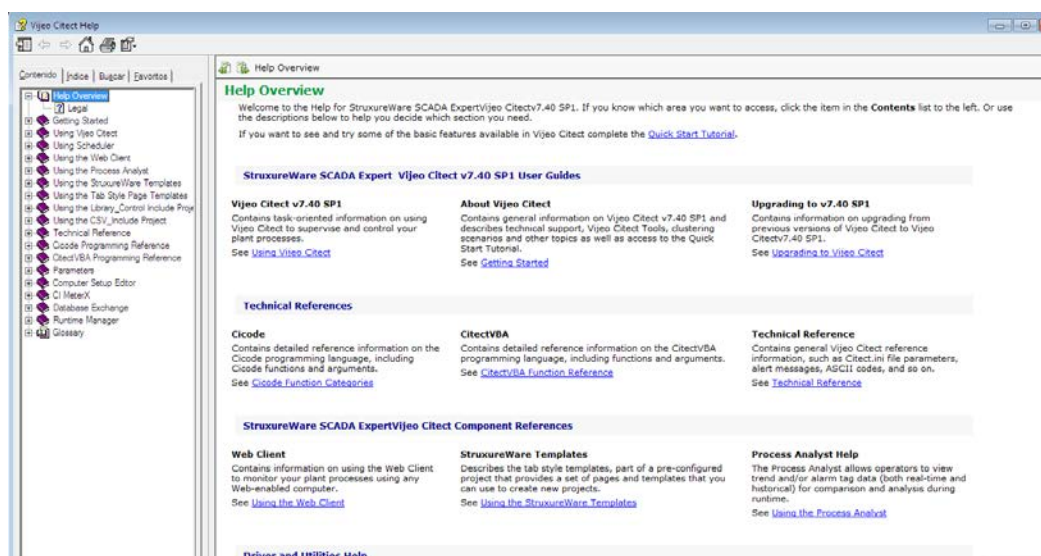
**d) Cicode Editor** (L'editor de programes)

A partir del *Cicode editor* es poden editar els programes que s'hagin creat. Al menú, també hi ha l'opció d'ajuda que permet consultar per exemple com s'utilitzen i s'escriuen les funcions predefinides al SCADA.

### e) CitectSCADA Help (L'ajuda)

L'opció d'ajuda ofereix una sèrie d'informació molt útil per a facilitar el desenvolupament del projecte amb el SCADA. A l'ajuda s'hi pot accedir des de les diferents pantalles del projecte descrites anteriorment.

La següent imatge mostra la pantalla corresponent al *Help* del Power SCADA Expert.



**Figura 52.** Pantalla d'ajuda del Power SCADA Expert

## 4.6. Comunicació amb la plataforma

### 4.6.1. Estructura de dades segons l'estàndard IEC61850

Donat que la interfície SCADA utilitza el protocol IEC61850 per intercanviar informació i establir comunicació amb els SEPAM, a l'hora de definir els noms dels *tags* i les seves adreces corresponents, s'haurà de fer segons els criteris que la norma imposi.

Al apartat 4.3.1 s'ha mencionat la llista de variables de cada SEPAM que es volen supervisar a través del SCADA. Per aconseguir representar aquestes variables, el primer pas que s'ha de fer és trobar l'adreça que aquestes tenen associada. Per a interpretar les adreces de les variables o *tags*, primerament s'ha d'entendre en quines i quantes parts està estructurada la informació.

Això es degut a que es busca la interoperabilitat entre equips i per tant, la informació referent a les funcions o equips amb els quals es treballa, ha d'estar estructurada d'una forma estandarditzada per a que equips de diferents fabricants la puguin interpretar igual. Al capítol 7.4 de la norma hi ha un glossari de la nomenclatura estandarditzada i l'ordre que s'ha d'utilitzar per a crear una adreça.

Un exemple d'adreça d'un *tag* és:

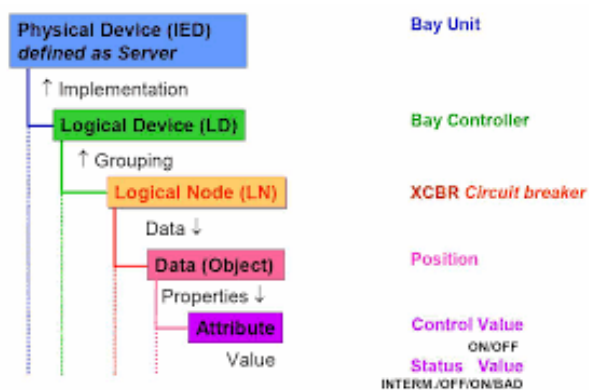
### **BUK01/Q0CSWI1.Pos.ctlVal**

On :

- BUK01 és el nom del equip o dispositiu. En aquest cas seria el nom del SEPAM al qual estem relacionant el *tag*.
- Q0 és el prefix del node lògic.
- CSWI és la funció del node lògic (Switch controler).
- 1 és el sufix del node lògic.
- Pos és el nom del objecte de dades (Posició d'interruptor).
- ctlVal és el nom del atribut (Valor de la variable de control).

La norma IEC61850 utilitza un model jeràrquic de dades i informació. En primer lloc hi ha el dispositiu físic (SEPAM), que conté un o més dispositius lògics (LD). Els LD a la seva vegada contenen un o més Nodes lògics (LN). Els nodes lògics a la seva vegada contenen dades i aquestes dades contenen atributs.

A la següent imatge es mostra l'organització de dades que ve imposada per la Norma IEC61850.

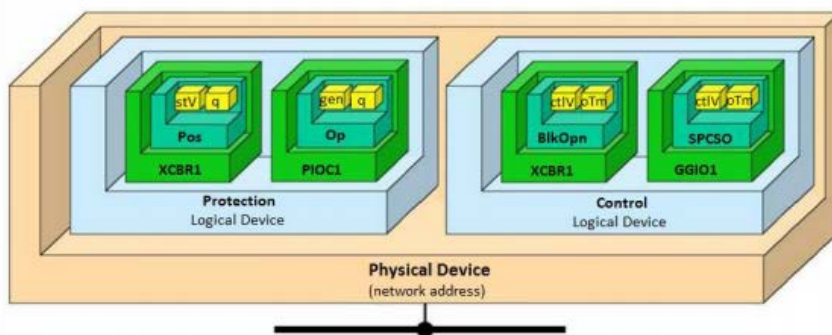


**Figura 53.** Organització de dades en IEC61850. Font ABB.

### a) Dispositiu físic i dispositiu lògic

En aquest projecte el dispositiu físic seria el SEPAM, el qual té assignada una IP i que està internament dividit en varis dispositius lògics (LD).

El dispositiu lògic és una agrupació de nodes lògics segons el propòsit al qual estiguin destinats. En aquest cas, dins d'un mateix SEPAM o dispositiu físic, pot existir un dispositiu lògic (LD) destinat a mesurar variables del sistema, un LD destinat al control de interruptors, un LD per a la supervisió de variables i estats i un LD que s'ocupés de la protecció, en el que s'inclourien, per exemple, tots els nodes i funcions relacionats amb els interruptors automàtics.



**Figura 54.** Estructura dels LD i nodes. Font Axon Group

### b) Nodes Lògics

Dins aquest estàndard, es proposa la representació de les funcions i equips mitjançant nodes lògics. Els nodes lògics contenen informació sobre les subestacions, i utilitzen aquestes informacions per a realitzar accions com emmagatzematge de dades o envió de missatges.

A l'estàndard es defineix un total de 92 nodes lògics.

Les funcions incloses dins d'un mateix node lògic comencen amb la mateixa lletra, per així, distingir fàcilment de quin tipus de funció es tracta i en quin grup està classificada.

En aquest projecte s'ha treballat amb els següents tipus de nodes:

- **Nodes lògics per a reconnectadors i seccionadors.** Totes les funcions incloses en aquest node comencen per la lletra X. Un exemple de funcions classificades en aquest node són XCBR i XSWI.

- **Nodes lògics pel control supervisat.** Totes les funcions incloses en aquest node comencen per la lletra C. Un exemple de funcions classificades en aquest node són CSWI,CILO.
- **Nodes lògics per a funcions genèriques.** Totes les funcions incloses en aquest node comencen per la lletra G. Un exemple de funcions classificades en aquest node són GGIO,GAPC.
- **Nodes lògics per a mesuradors i mesures.** Totes les funcions incloses en aquest node comencen per la lletra M. Un exemple de funcions classificades en aquest node són MMXU,MMTR.

Per a tenir més informació sobre el significat dels nodes lògics utilitzats, veure *Apèndix D. Documentació addicional*.

Altres grups de nodes coneguts, però que no s'han utilitzat en aquest cas són:

- Nodes lògics del sistema (L).
- Nodes lògics per a les funcions de protecció (P).
- Nodes lògics per a funcions relacionades amb proteccions (R).
- Nodes lògics per a interfície i arxiu (I).
- Nodes lògics per a control automàtic (A).
- Nodes lògics per a sensors i monitorització (S).
- Nodes lògics per a transformadors de mesura (T).
- Nodes lògics per a transformadors de potència (Y).

#### c) Dades i atributs

Les dades representen la informació que està continguda en un node lògic. En un node lògic hi ha aproximadament 20 dades. Cada una d'aquestes dades conté una sèrie de detalls que és el que anomenem atributs. Els atributs són una variable de la dada. Per exemple, pot ser del tipus booleana, digital, entera, etc...

Quan es parla de Classe de Dades Comunes (CDC) es fa referència a un conjunt de dades que comparteixen la mateixa estructura i els mateixos tipus d'atributs

La norma estableix un rang de diferents tipus de CDC segons l'aplicació a la que vagin destinats.

- Informació d' estat.
- Informació de mesures.

- Informació d' estats controlables.
- Ajust d' estats.
- Ajusts analògics.
- Informació de descripció.

Un exemple de dades que estan classificades dins d'una mateixa classe, seria la dada corresponent a la mesura de la tensió per fase (PhV). Dins el node lògic de mesures (MMXU1), trobem la dada PhV i en aquesta, hi ha associats tres atributs: PhsA, PhsB o PhsC, els quals especifiquen de quina fase s' esta mesurant la tensió, és a dir A,B o C.

Per tant l'estructura de les dades mitjançant les quals es denomina el *tag* quedaria així:

```
NOM_SEPAM/MMXU1/PhV/PhsA  
NOM_SEPAM/MMXU1/PhV/PhsB  
NOM_SEPAM/MMXU1/PhV/PhsC
```

#### 4.6.2. Adreça de les variables a supervisar

Una vegada escollides les variables del SCADA amb les que es voldrà treballar (tensió, intensitat, estats d' interruptors, etc..), s'ha de definir la seva adreça. La informació que conté un *tag* es transmet a partir de l'adreça.

L'adreça d'un *tag* és el registre de la base de dades del SCADA on s'emmagatzema el valor de la senyal que te associada. Aquesta és necessària per a que es puguin comunicar el programa i el SEPAM.

S'ha de puntualitzar que aquest SCADA et proposa tots els *tags* que té disponibles amb les seves adreces corresponents (ja assignades), i per tant, s'ha de buscar els que ens interessin i comprovar que a l'hora de configurar les comunicacions *l'Apèndix C.Tutorials, punt 2* s'han carregat tots. Si no es troba algun *tag* es pot configurar manualment, però sempre seguint les premisses estipulades per la IEC61850, sinó es segueix l'estructura estandarditzada marcada per al norma, un dispositiu d'un altre fabricant podria no entendre l'adreça i per tant no hi seria possible la comunicació.

A continuació es mostrarà una taula resum amb l'adreça de les variables a visualitzar. Donat que la taula de les mesures ocuparia una extensió important si les poséssim totes, només s'escriuran com a exemple, els *tags* utilitzats pel SEPAM S82, ja que per a trobar les adreces dels demés SEPAM, només cal substituir la primera part d'aquesta adreça *logical device*. On diu SEPAM\_11, s'ha de canviar per SEPAM\_111, SEPAM\_112 o SEPAM\_113. La resta de l'adreça serà idèntica.

De la mateixa forma, només s'escriuran els *tags* pertinents a la fase A de corrent o tensió. Per a trobar les adreces de la resta de fases només cal canviar l'atribut del *tag*, és a dir, en comptes de / A, s'haurà d'escriure /B o /C. La resta de l'adreça serà idèntica.

A continuació s'ajunta la taula amb les adreces dels *tags* dels contactors.

Contactors	Tag	Adreça
K1	GGIO1	SEPAM_11/M120_GGIO1/Ind11
K2	GGIO1	SEPAM_11/M120_GGIO1/Ind5
K3	GGIO1	SEPAM_11/M120_GGIO1/Ind3
K4	GGIO1	SEPAM_111/M120_GGIO1/Ind21
K5	GGIO1	SEPAM_111/M120_GGIO1/Ind13
K6	GGIO1	SEPAM_113/M120_GGIO1/Ind21
K7	GGIO1	SEPAM_113/M120_GGIO1/Ind13
K8	GGIO1	SEPAM_112/M120_GGIO1/Ind13
K9	GGIO1	SEPAM_112/M120_GGIO1/Ind21

**Taula 10.** Adreça dels *tags* dels contactors



A continuació s'ajunta la taula amb les adreces dels *tags* de la resta de variables a supervisar.

Mesures	Tag	Adreça
<b>SEPAM S82</b>		
P.Activa	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/W/phsA
P.Reactiva	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/VAr/phsA
P.Aparent	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/VA/phsA
P.Activa.Total	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/TotW
P.Reactiva.Total	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/TotVAr
P.Aparent.Total	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/TotVA
P.Activa.Pic	MSTA1	SEPAM_S1/MSTA1/MaxW
P.Reactiva.Pic	MSTA1	SEPAM_S1/MSTA1/MaxVAr
Pot.Aparent.Pic	MSTA1	SEPAM_S1/MSTA1/MaxVA
Freqüència	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/Hz
Factor Potència	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/TotPF
Intensitat Fase	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/A/phsA
Intensitat Pic	MSTA1	SEPAM_S1/MSTA1/MaxAmps1
Tensió fase	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/PhV/phsA
Tensió composta	MMXU1	SEPAM_S1/MMXU1/PPV/phsAB
Comunicacions	LPHD1	SEPAM_S1/MMXU1/PhyHealth/Ok

**Taula 11.** Adreça de les mesures a supervisar

#### 4.6.3. Adreça de les variables a controlar

Nomes es mostrarà l'adreça dels *tags* per a controlar els contactors ja que els NS100 es controlen de forma automàtica a través del geni del SEPAM, sense haver d'introduir cap adreça, només especificant de quin SEPAM es tracta.

Contactor	Tags	Adreça
K1	<b>TC8</b>	SEPAM_S1/S80RC_GGIO1_TC8_Oper_ctVal
K2	<b>TC7</b>	SEPAM_S1/S80RC_GGIO1_TC7_Oper_ctVal
K3	<b>TC3</b>	SEPAM_S1/S80RC_GGIO1_TC3_Oper_ctVal
K4	<b>TC4</b>	SEPAM_S11/M200RC_GGIO1_TC4_Oper_ctVal
K5	<b>TC5</b>	SEPAM_S11/M2080RC_GGIO1_TC5_Oper_ctVal
K6	<b>TC6</b>	SEPAM_S13/S40RC_GGIO1_TC6_Oper_ctVal
K7	<b>TC7</b>	SEPAM_S13/S40RC_GGIO1_TC7_Oper_ctVal
K8	<b>TC10</b>	SEPAM_S12/S40RC_GGIO1_TC8_Oper_ctVal
K9	<b>TC9</b>	SEPAM_S12/S40RC_GGIO1_TC9_Oper_ctVal

**Taula 12.** Adreça de variables a controlar

#### 4.6.4. Procediment per a establir comunicació

En aquest apartat s'ha fet un tutorial pas a pas explicant com es configuren les comunicacions entre el Power SCADA Expert i els diferents models de SEPAM.

L'objectiu d'aquest tutorial és facilitar al usuari la configuració de les comunicacions, ja que aquesta configuració és imprescindible per a que el programa compleixi el seu objectiu i normalment sol ser la part que dóna més problemes.

Al tutorial s'explica quins arxius i quins passos són necessaris per a configurar les comunicacions, també diferencia entre el procediment realitzat per a comunicar un SEPAM actual amb un de model més antic, entre altres punts. A causa de la seva extensió, aquest tutorial es troba al *I'Apèndix C. Tutorials, punt 2*.

## 4.7. Creació d'un projecte de verificació de les comunicacions

### 4.7.1. Procediment per a la creació d'un projecte

En aquest apartat s'explica com es crea un projecte des de zero. Es una presentació de l'editor de gràfics del programa.

L'objectiu d'aquest apartat és la creació d'un tutorial pas a pas del procediment necessari per a la creació d'un projecte.

El tutorial pas a pas d'aquest procediment està adjunt a *l'Apèndix C. Tutorials, punt 4.* per motius d' extensió.

### 4.7.2. Verificació de les comunicacions

Una vegada es té el projecte creat, es comprovarà si la configuració de les comunicacions ha estat ben establerta.

Per fer-ho es definiran dos tipus de *tags*:

- El primer tipus de *tag* definit té com a objectiu mostrar els estats dels contactors. Està definit mitjançant un símbol d'una bombeta que s'encén i s'apaga segons sigui l'estat dels contactors.
- El segon tipus de *tag* utilitzat, ha estat el símbol #### que serveix per a visualitzar variables com la tensió, corrent, etc. de cada SEPAM.

Igual que al apartat anterior, s'ha creat un tutorial pas a pas que mostra el procediment a seguir per a la verificació de les comunicacions.

Per un motiu d' extensió, el tutorial està adjuntat a *l'Apèndix C. Tutorials, punt 2.*

## 4.8. Configuració del sistema de control

### 4.8.1. Definició dels Tags de control al SCADA

En aquest apartat s'explica el procediment seguit per a configurar els *tags* de control al SCADA, que prèviament no venien definits per defecte, com la resta.

Per a explicar-ho, s'ha fet un tutorial pas a pas del procediment necessari per a configurar aquests *tags*. El tutorial està adjunt *l'Apèndix C. Tutorials, punt 3.*

#### *4.8.2. Definició d'equacions lògiques al SEPAM*

En aquest apartat s'explica la definició d'equacions lògiques dins del SEPAM, ja que és un pas necessari per a que el SEPAM reconegui els *tags* TC configurats al SCADA.

Aquest apartat, com és continuació de l'anterior, també es troba adjunt a l'*Apèndix C. Tutorials, punt 3.* on està explicat en forma de tutorial.

### 4.9. Disseny del sistema de supervisió

Tots els passos que s'han anat fent durant el desenvolupament del projecte, des del recablejat dels components fins la configuració del software, tenien com a objectiu principal la representació d'un conjunt de dades a través de la interfície Power SCADA Expert.

En aquest apartat s'explicarà com s'ha aconseguit representar i controlar el conjunt de variables i estats. Això s'ha fet mitjançant un sinòptic dissenyat, al qual se l'hi han assignat uns *tags* determinats.

El primer pes pel disseny ha estat, limitar l'abast del projecte SCADA a un nombre determinat de pàgines, ja que es tracta d'un programa potent que pot oferir un conjunt de prestacions que en aquest moment no necessitàvem.

El projecte SCADA dissenyat consta de cinc pàgines més les que el programa ja porta predefinides com poden ser l'estat de les alarmes entre altres.

Aquestes són:

- La pàgina inicial. Aquesta pàgina és la primera que es veu al executar el programa i consta del títol, i d'un menú de botons que permeten accedir a la resta de pàgines definides.
- L'esquema elèctric. Aquesta pàgina conté el sinòptic on es representa l'estructura que té el laboratori de proteccions, és a dir, simula un anell obert d'on pegen uns consums. S'hi pot apreciar les figures dels SEPAM i els contactors.
- La supervisió de variables principals. Aquesta pàgina conté un seguit de taules on es mostren les variables principals com són la tensió, la intensitat i la potència.
- La supervisió d'estats i altres dades. Aquesta part també està composta per taules, on es mostren els estats dels contactors i els NS100 i altres dades extra com poden ser el valor màxim dels pics de corrent per línia.

- L'esquema de comunicacions. On estan representades totes les comunicacions entre el laboratori i el SCADA. Apareixen les figures corresponents a les ECI i ACE850. L'objectiu d'aquesta pàgina és informar en temps real de l'estat de les comunicacions.
- El menú de variables. Aquesta pàgina ve predefinida pel programa. S'hi ha creat una drecera directa des de la pàgina inicial del projecte ja que és útil poder supervisar el llistat d'alarmes per detectar errors durant l'execució del programa.

A continuació es mostrarà l'estat final de les pàgines dissenyades pel projecte i es farà un breu resum de la finalitat que té cadascuna dins d'aquest i a quins objectes se li ha associat un *tag*. Com a norma general, s'ha utilitzat el model de pàgina *Standard* per a totes les pàgines menys la d'inici que té un format una mica més complet.

Per un motiu d'extensió, s'adjunta a l'*Apèndix C. Tutorials, punt 5* el tutorial del procediment pas a pas que s'ha dut a terme per a la realització d'aquests sinòptics. A l'annex també apareix la llista de *tags* utilitzats a cada pantalla i com s'han configurat alguns d'ells.

#### 4.9.1. Pàgina principal

En aquest apartat es mostra l'estat final de la pantalla d'inici del projecte.



**Figura 55.** Pàgina principal

Aquesta pantalla és el menú principal i és la primera pàgina que ens trobem al obrir el projecte del SCADA.

Té com a finalitat fer una breu introducció del que serà el projecte que anirem a simular i permetre la visualització de les altres pàgines mitjanant els botons de sota el títol.

Dins d'aquesta pàgina es troba:

- El títol del projecte "Laboratori de proteccions elèctriques".
- El menú en forma de botons de totes les pàgines que formen aquest laboratori, per tal d'accedir-hi directament.

Dins els botons s'ha definit una variable local on s'ha especificat el nom de la pàgina cap on es volia saltar.

- Sis fotografies que descriuen breument com és el laboratori amb el que s'ha estat treballant. Es mostren les connexions entre els diferents equips situats dins l'armari, la part frontal dels SEPAM, un interruptor NS100 i una sèrie de contactors que corresponen als de l'anell.

Per últim, cal destacar també, la finalitat que té el quadre superior de color blanc. Una vegada executat el programa, dins del quadre es mostrarà les alarmes relatives als errors de comunicació de cada SEPAM.

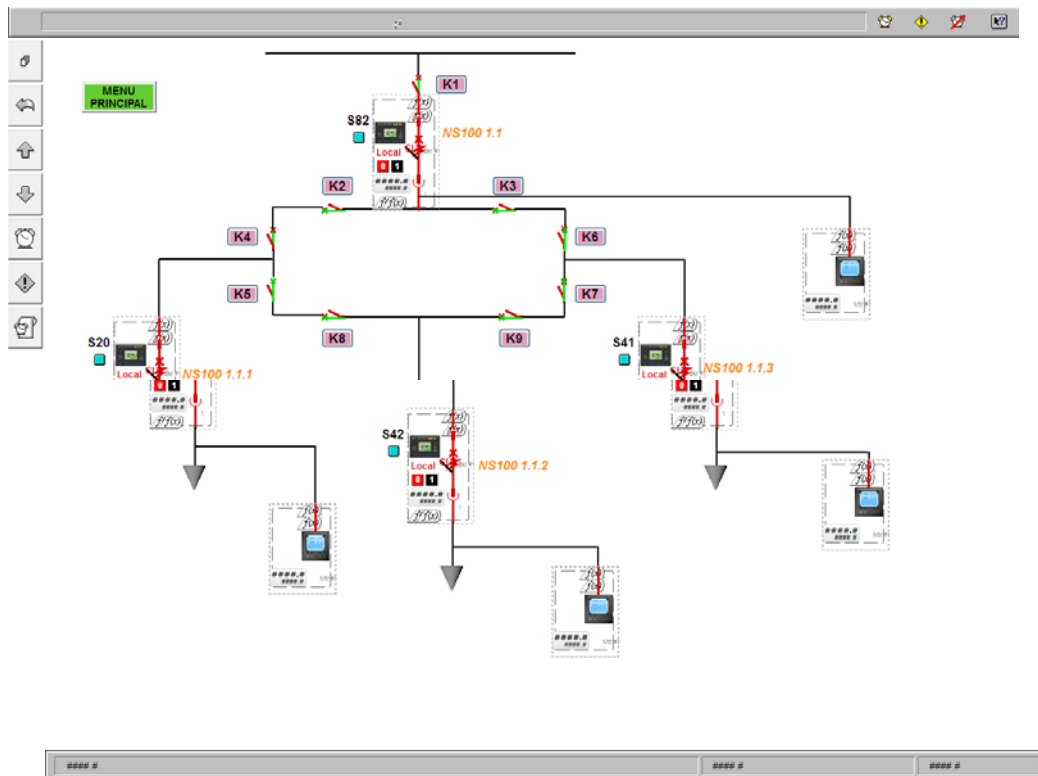
Tot i que el programa es pot executar des de qualsevol pantalla, és recomanable fer-ho des d'alguna que et doni la opció de loguejar-te amb l'usuari i contrasenya que ja tens creats. Hi ha una sèrie de plantilles predefinides que tenen aquesta opció i d'altres que no.

El programa es pot posar en mode *Run* sense necessitat de loguejar-te o ni tan sols tenir creat un usuari, però també et limita les opcions que el programa ofereix.

Per a veure la creació d'un usuari, veure *l'Apèndix C. Tutorials, punt 4*.

#### 4.9.2. Esquema elèctric

En aquest apartat es mostra l'estat final de la pantalla que conté l' esquema elèctric del laboratori.



**Figura 56.** Esquema elèctric

Dins de tots els sinòptics creats per a la representació d'aquest laboratori, aquest és el més important ja que és un resum que ho engloba tot. El sinòptic segueix una estructura d'una xarxa de distribució en anell obert.

Dins el sinòptic destaquen els següents elements:

- **La figura dels SEPAM.**

Per a representar els quatre SEPAM que formen part del laboratori de proteccions físic, s'ha utilitzat un geni de la llibreria. Com el programa està pensat per a interactuar directament amb dispositius SEPAM, aquests també estan inclosos dins la llibreria de genis.

Cada SEPAM està identificat amb una etiqueta on està especificat el seu model, (exemple: S82).



Dins la figura del SEPAM, l'interruptor negre que s'observa una mica més avall, s'ha establert com l'interruptor NS100 i també està identificat per una etiqueta taronja (*Exemple NS100 1.1*).

El 0 i 1 amb color negre i vermell, respectivament, són dos botons que la figura del SEPAM ja porta predefinits i que permeten un control extern de l'estat del NS100. És a dir, despreciant el PLC.

I finalment, sota el 0 i 1 hi ha un símbol ### on es mostra una magnitud que s'escull dins el geni. En aquest cas s'ha configurat la corrent de la fase A pel SEPAM S82, la corrent de fase B pel SEPAM M20, la corrent de la fase C pel SEPAM S42 i la corrent de la fase A pel SEPAM S41. Cada SEPAM mostrarà la corrent de fase (A, B o C) corresponent a la seva línia.

- **Els contactors de l'anell.**

Els contactors que formen l'anell, s'han definit mitjançant el símbol de l'interruptor, trobat a la llibreria de símbols. Per a la monitorització de l'estat dels contactors de l'anell s'ha utilitzat la llibreria de símbols i no la de genis com als SEPAM.

El motiu pel qual s'ha decidit així, és perquè els genis van sempre lligats a l'assignació d'un *tag*, mentre que en els símbols és opcional. A l'utilitzar un interruptor de la llibreria de genis, aquest es fixa en les sortides del SEPAM que estan exclusivament reservades per a connectar-hi un interruptor.

Cada SEPAM té les sortides reservades per obrir i tancar un interruptor, ocupades pel NS100 corresponent i per tant el control dels contactors s'ha connectat en unes altres sortides del SEPAM no definides per defecte, i que el geni no reconeix.

Per altra banda, la seva monitorització està connectada al bloc d'entrades *generals* del SEPAM (Bloc MES120).

Per aquest motiu, per a la representació dels estats dels contactors s'ha utilitzat dos símbols, un per a l'interruptor obert i l'altre per al tancat. En aquest moment es poden visualitzar els dos ja que el programa no està en mode *Run*. Quan aquest, s'executi, només se'n veurà un.

A sobre de cada contactor, hi ha un botó (*K1..K9*) que són botons definits amb *tags* de control. Serveixen per obrir o tancar els contactors de forma externa, ignorant al PLC.

- **Els mesuradors.**

Aquests dispositius són genis als quals se'ls estableix quina magnitud han de mesurar de la línia on estan connectats. Dins del geni, s'ha d'especificar de quin SEPAM n'extreuen les dades de tensió, corrent etc...

Pel SEPAM S82, S41 i S42, s'han definit per a mesurar la potència activa total que consumeix la línia. Pel model M20, al ser un model més antic, s'ha definit el valor del pic de corrent màxim que es dona a la línia, ja que l'altra magnitud no estava com opció.

- **L'estat de les comunicacions.**

Tot i que ja hi ha una altra pàgina del projecte destinada exclusivament a conèixer l'estat de les comunicacions en detall, a mode de resum, s'ha inclòs un quadrat de color al costat de cada etiqueta del SEPAM.

Mitjançant, l'associació de *tags*, s'ha definit un símbol quadrat blau per a quan fallin les comunicacions, i un quadrat verd per quan aquestes funcionin correctament. L'etiqueta del SEPAM també canviarà de color en funció de l'estat de les comunicacions.

- **Les bombetes o consums.**

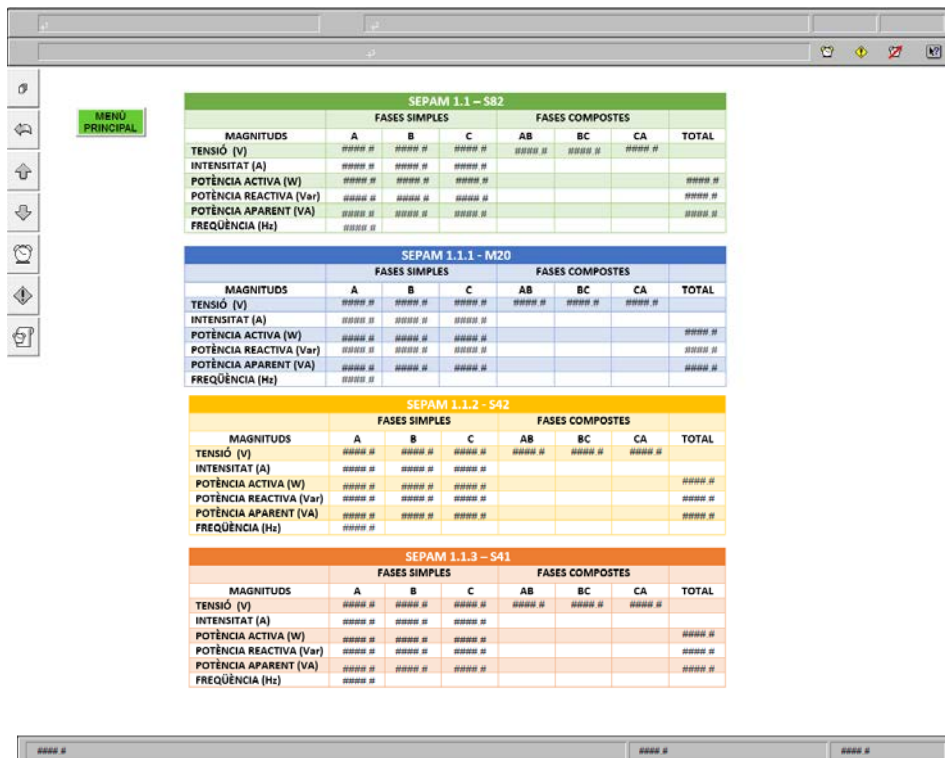
Les càrregues estan definides per un símbol d'un triangle que no està associat a cap *tag*. Els sis contactors encarregats de l'activació i desactivació de bombetes no estan connectats a cap SEPAM i per tant, el SCADA no pot conèixer el seu estat. Si que pot llegir el consum que les bombetes tenen, segons les magnituds (tensió, corrent, potència) que llegeix de la línia, però no pot ni encendre-les ni apagar-les. Aquestes accions encara s'han de fer des del PLC.

Per aquest motiu, no surten dibuixats com els altres contactors.

Els *tags* utilitzats en aquesta pantalla es mostren a *l'Apèndix C.Tutorials, punt 5*.

### 4.9.3. Supervisió de les variables principals

En aquest apartat es mostra l'estat final de la pantalla que conté la supervisió de les variables principals del laboratori.



MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIO (V)	####	####	####	####	####	####	####
INTENSITAT (A)	####	####	####				####
POTÈNCIA ACTIVA (W)	####	####	####				####
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	####	####	####				####
POTÈNCIA APARENT (VA)	####	####	####				####
FREQÜÈNCIA (Hz)	####						####

MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIO (V)	####	####	####	####	####	####	####
INTENSITAT (A)	####	####	####				####
POTÈNCIA ACTIVA (W)	####	####	####				####
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	####	####	####				####
POTÈNCIA APARENT (VA)	####	####	####				####
FREQÜÈNCIA (Hz)	####						####

MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIO (V)	####	####	####	####	####	####	####
INTENSITAT (A)	####	####	####				####
POTÈNCIA ACTIVA (W)	####	####	####				####
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	####	####	####				####
POTÈNCIA APARENT (VA)	####	####	####				####
FREQÜÈNCIA (Hz)	####						####

MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIO (V)	####	####	####	####	####	####	####
INTENSITAT (A)	####	####	####				####
POTÈNCIA ACTIVA (W)	####	####	####				####
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	####	####	####				####
POTÈNCIA APARENT (VA)	####	####	####				####
FREQÜÈNCIA (Hz)	####						####

**Figura 57.** Supervisió de les variables principals

Aquesta pantalla està bàsicament formada per taules que recullen valors de variables. Aquestes taules estan separades segons el SEPAM, i en elles es mostren les magnituds principals a supervisar, és a dir, les que s'han considerat més importants.

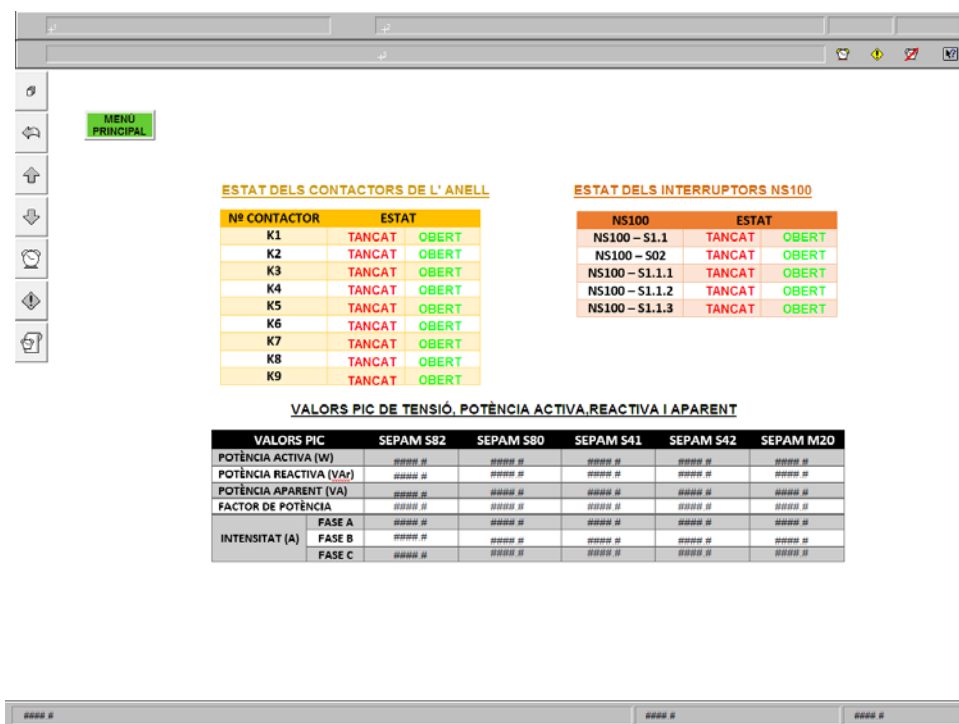
Aquestes magnituds són per a cada SEPAM:

- Tensions Simples (A,B i C) i Compostes (AB,BC,CA).
- Intensitat per a cada fase (A,B,C).
- Potència activa, reactiva i aparent de cada fase (A,B,C) i el valor total.
- Valors de pic.
- Freqüència.

Per a la visualització d'aquests valors s'ha inserit el símbol ####, i se l'ha relacionat amb el tag corresponent. Quan el programa es posi en mode *Run*, els símbols #### passaran a ser números.

#### 4.9.4. Supervisió dels estats i altres dades

En aquest apartat es mostra l'estat final de la pantalla que conté la supervisió dels estats dels interruptors NS100 i contactors de l'anell i també altres magnituds com els valors de pic.



**Figura 58.** Supervisió d' estats i altres dades

Aquesta pantalla és molt semblant a l'anterior, consisteix en un conjunt de taules per a mostrar valors pic de línia i estats.

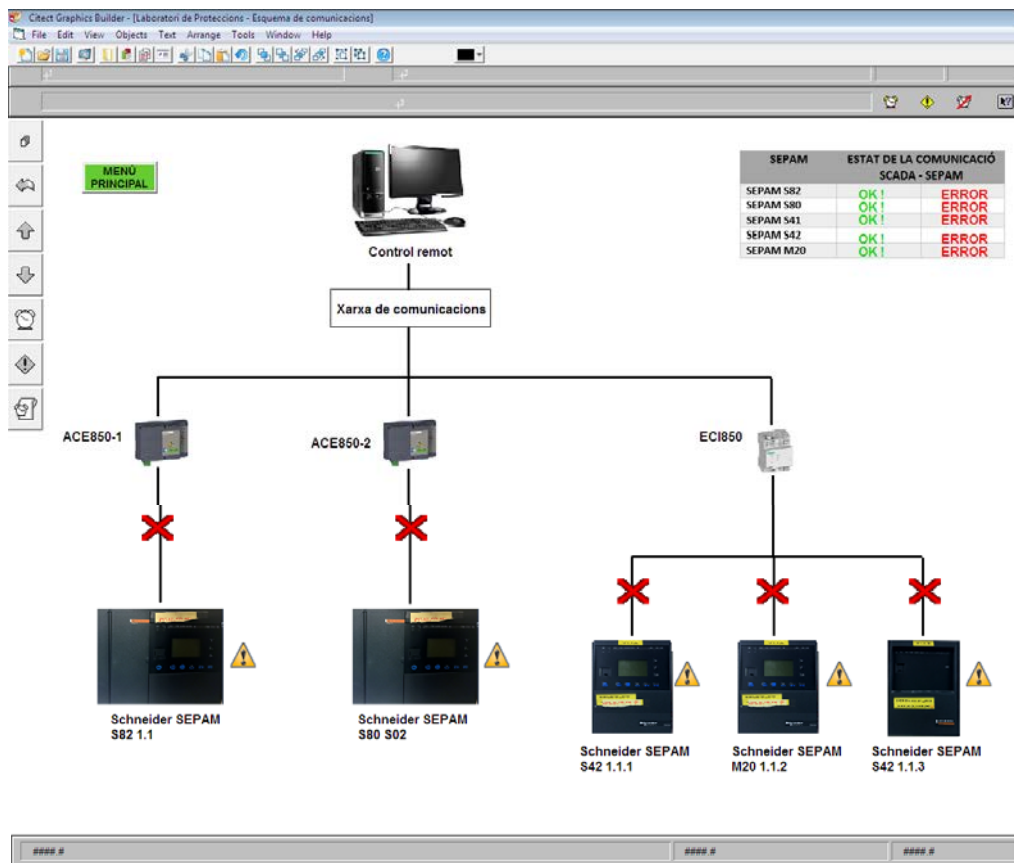
Per a la representació d'aquests valors s'ha inserit el mateix símbol ##### associat al *tag* que ens ha convingut segons la variable a llegir.

Pel que fa als estats (TANCAT/OBERT), s'ha utilitzat el símbol d'un quadre de text que també s'ha associat a un *tag* per a mostrar la paraula TANCAT o OBERT, segons quin sigui l'estat dels contactors i interruptors. En aquest moment es poden visualitzar les dos paraules, ja que el programa no està en mode *Run*. Però quan s'executi, se'n veurà només una.

S'ha de tenir en compte, que com ja s'ha explicat en apartats anteriors, no ha estat possible la monitorització de l'estat dels NS100 ja que faltava un bloc d'entrades auxiliar del que no disposàvem. Tot i així, la taula s'ha deixat preparada per a si aquests es monitoritzen en un futur.

#### 4.9.5. Esquema de comunicacions

En aquest apartat es mostra l'estat final de la pantalla que conté l'esquema de comunicacions.



**Figura 59.** Esquema de comunicacions

L'objectiu d'aquesta pantalla és coneixer en temps real l'estat de les comunicacions entre el SCADA i els SEPAM. Per a fer-ho s'ha optat per un esquema on quedessin representats tots els SEPAM, tant els quatre que controlen l'anell, com el S02 que només l'utilitzavem per a proves. Es pot veure quin mòdul de comunicació utilitza cada SEPAM per a convertir a IEC61850.

Els SEPAM i mòduls de comunicació són figures que no estan associades a cap *tag*, és a dir, a l'executar el programa, no patiran cap modificació. Les figures que sí que s'han associat a un *tag*, són en aquest cas, les creus vermelles i els símbols d'atenció, que apareixeran en el moment en que es perdi la connexió d'algún dels SEPAM.

També estan associades a *tags*, les paraules *OK!* i *ERROR* de la taula que hi ha a la cantonada dreta de la pantalla. Quan el programa estigui en mode *Run* si totes les comunicacions estan en bon estat, les creus i els signes triangles d'atenció desapareixeran i a cada graella de la taula només es veura *OK!*.

#### 4.9.6. Menú d'alarmes

El menú d'alarmes no és una pàgina que s'hagi dibuixat com la resta, sinó que és una pàgina que el SCADA porta predefinida i que serveix per a conèixer quines alarmes estan actives en cada moment.

Aquestes poden senyalar tant, que les comunicacions estan fallant, com que tens un símbol amb un *tag* que no reconeix, o que potser hi ha algun error al definir alguna funció interna al programa.

Aquesta part apareix en forma de resum quan el programa s'executa, per tant es mostrarà a l' apartat 4.10 *Resultats*.

### 4.10. Resultats

En aquest apartat es mostraran els resultats obtinguts al executar el projecte creat. Per a fer-ho, s'ha dividit l'apartat en dos parts.

- A la primera part del resultats es mostraran les pantalles en mode *Run* sense cap càrrega engegada.
- A la segona part dels resultats es faran modificacions respecte la primer part, com per exemple, engegar càrregues provocant un consum o desactivant alguns equips per a activar alarmes.

#### 4.10.1. Simulació inicial

En primer lloc s'executarà el programa i s'anirà a la *pàgina principal* on tenim totes les opcions. Tal i com es pot observar al quadre superior de la imatge que s'adjunta a continuació, tots els equips estan comunicant correctament.

L'alarma presentada en gris notifica que l'error de comunicació està desactivat.



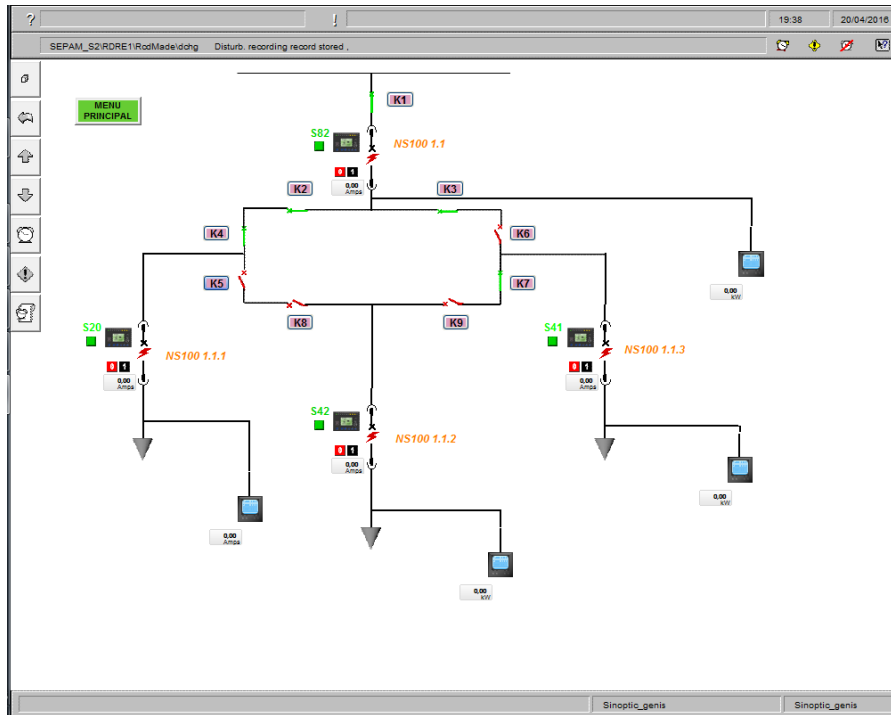
**Figura 60.** Simulació de la pàgina inicial

Aquesta pàgina principal, tot i servir-nos per accedir a la resta de pàgines mitjançant els botons, també ens permet fer el *log in* amb l'usuari que hem creat prèviament.

Per a fer la primer simulació, es tancaran els contactors K1, K2, K3, K4 i K7. Aquests contactors es poden tancar des del programa PL7 del PLC o des de la propia interfície SCADA amb els *tags* de control que hem configurat.

Per a fer-ho des del SCADA, s'ha de clicar una vegada a sobre els botons liles que porten els noms dels contactors.

Una vegada els contactos mencionats estan tancats, l'esquema elèctric queda de la següent manera:



**Figura 61.** Simulació de la pantalla de l'esquema elèctric

Tal i com es pot apreciar, els contactors seleccionats estan tancats de color verd i en canvi, la resta estan oberts amb color vermell. Com no hi ha cap càrrega engegada, tant els SEPAM com els mesuradors mostren el valor 0 de la magnitud que estiguin programats per a llegir.

Per altra banda, si ens hi fixem, cada SEPAM té el nom en color verd i també mostren un quadre del mateix color al seu costat. Això significa que estan comunicant correctament. Si es perdés la comunicació el quadre es tornaria blau.

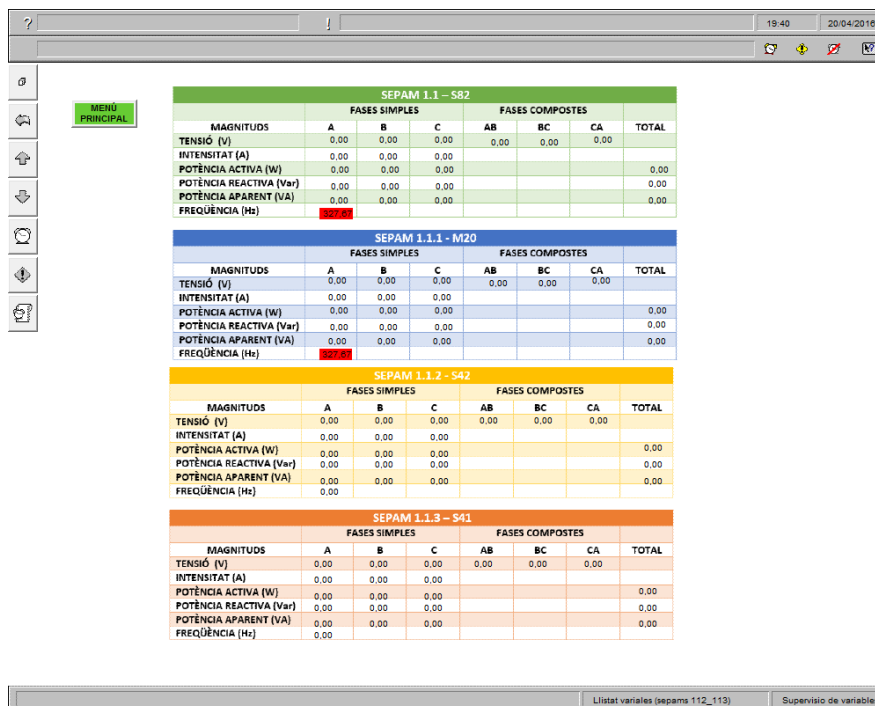
Els estats dels NS100 no s'han pogut monitoritzar i per tant no es mostren per pantalla. Tot i així en aquest moment estan tots oberts.

Per a sortir d'aquesta pantalla, podem clicar o bé al botó del menú d'inici creat, o bé a la fletxa per anar endarrere que ve predefinida pel tipus de pàgina escollida.

La següent pàgina, serà *la supervisió de variables principals*. Com està en mode *Run*, ja no es visualitza el símbol ####, sinó que apareix un numero. Aquest serà 0 ja que no hi ha cap càrrega activada consumint.



A continuació es mostra l'aspecte de la pàgina:



**Figura 62.** Simulació de la pantalla de supervisió de variables

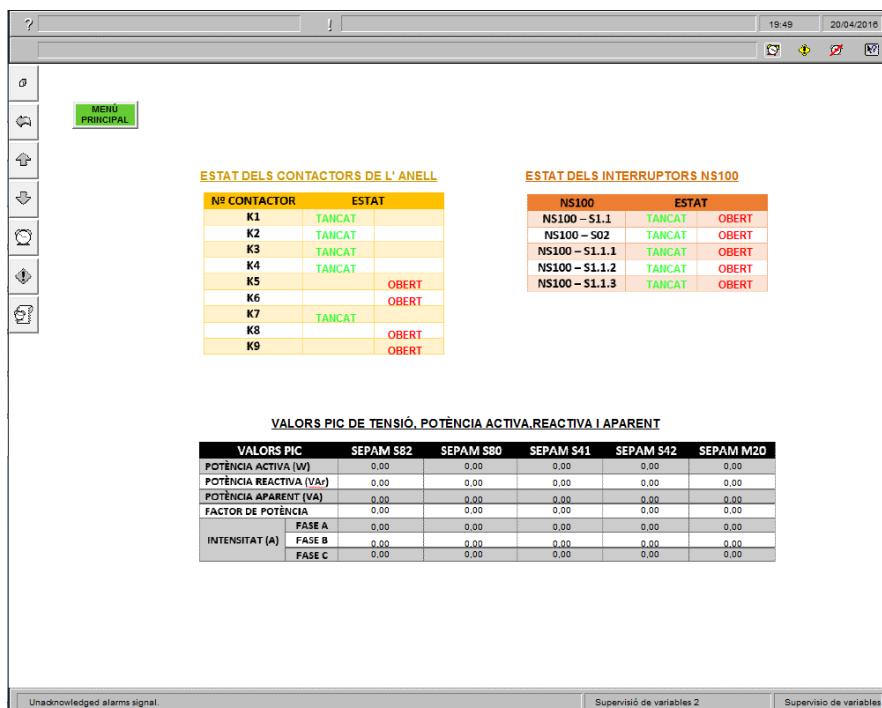
Sortim d'aquesta pàgina, per anar a la pàgina *supervisió de variables i altres dades*.

En aquesta pantalla es pot veure un resum dels estats dels contactors. El K1, K2, K3, K4 i K7 els mostra com a tancats i la resta oberts. Per tant, això demostra que s'han configurat els *tags* correctament.

Per altra banda, a la taula que mostra els estats dels NS100, es mostren els dos estats ja que no contenen cap *tag*. Tal i com s'ha explicat a l'apartat 3.3.7, no ha estat possible monitoritzar l'estat dels NS100, però tot i així, s'ha deixat la taula preparada per a que es pugui afegir posteriorment.

La tercera taula de valors, és exactament el mateix cas que el de la pantalla anterior. Ja no es mostra el símbol #####, perquè el programa està en mode *Run* però com no hi ha cap càrrega consumint, els valors estan a 0.

A continuació es mostra l'estat de la pantalla:



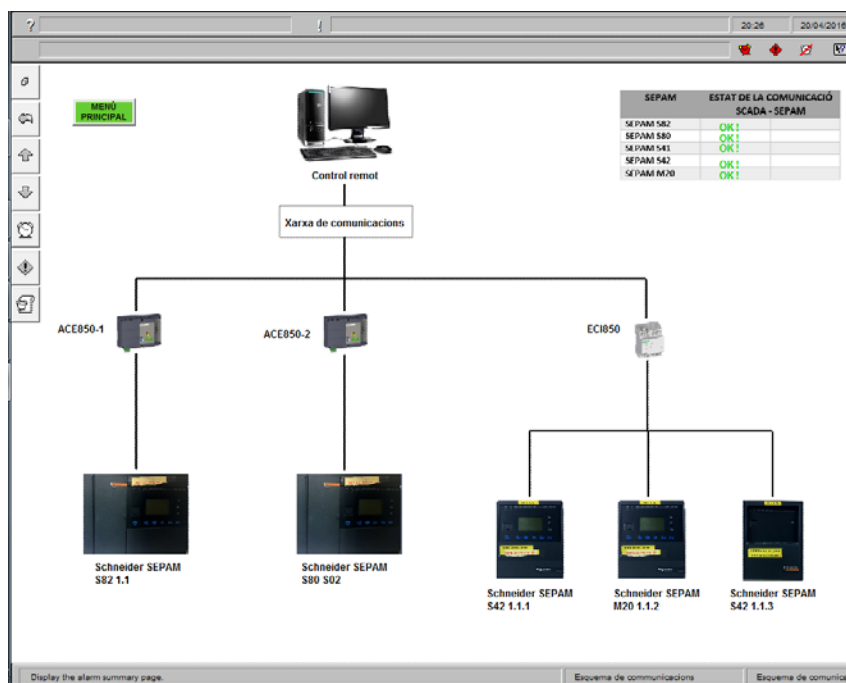
**Figura 63.** Simulació de la pantalla de supervisió de variables i altres dades

Finalment sortirem d'aquesta pantalla per accedir a l'última pàgina que ens queda per a visualitzar que és *l'esquema de comunicacions*.

A partir d'aquesta pàgina es pot conèixer l'estat de les comunicacions. La diferència que té la pàgina en mode *Run* respecte la de l'editor de gràfics, és que ja no surten les creus i els senyals d'alerta ja que totes les comunicacions funcionen bé.

A la taula només es mostra l'estat *OK!*. El d'error ha quedat amagat fins que alguna comunicació falli.

A continuació es mostra la pantalla del sistema de comunicacions:



**Figura 64.** Simulació de la pantalla de comunicacions

#### 4.10.2. Modificacions respecte la simulació inicial

Ara s'aplicaran una sèrie de modificacions a les pantalles de l'apartat anterior per a veure com canvien.

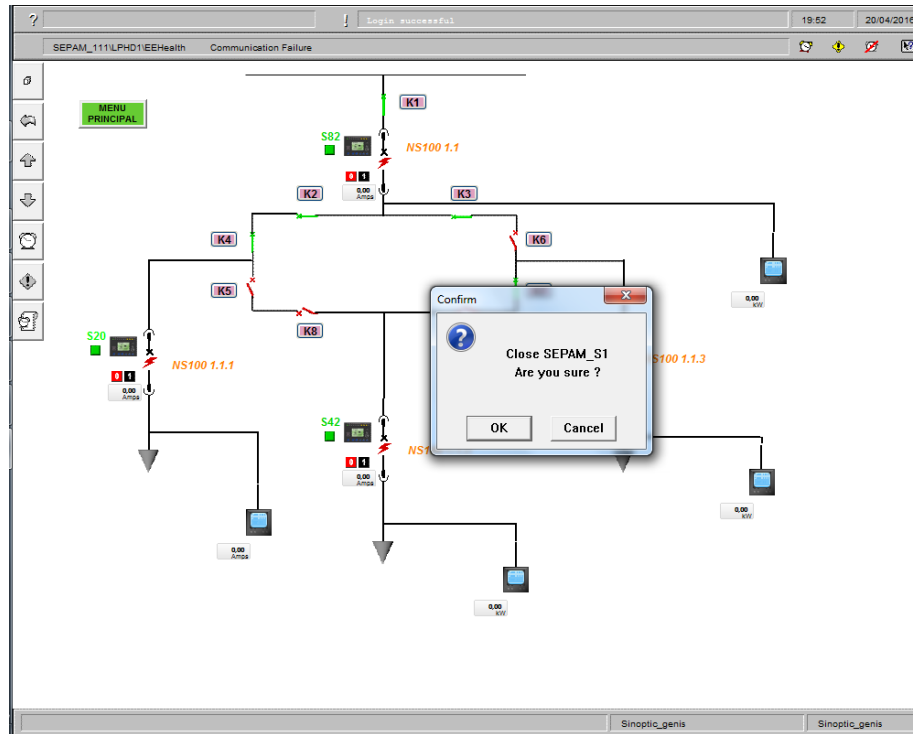
La primera modificació serà activar la càrrega corresponent a la línia 1.

Per a fer-ho, ens haurem d'assegurar que el circuit queda tancat. És a dir el K1, K2 i K4 han d'estar tancats i el NS100 1.1 i el NS100 1.1.1 també.

Els NS100 de l'apartat anterior estaven tots oberts. Per a tancar-los ja es pot fer des del SCADA gràcies a la configuració de *tags* de control que es van definir.

Com a exemple es mostrarà com s'activa el NS100 1.1 des del Power SCADA Expert. Per activar o desactivar un NS100, s'ha de seleccionar els botons que hi ha a sota del símbol del SEPAM (0 o 1). En aquest cas, seleccionarem el 1 per a tancar-lo. Cada vegada que es vol fer una acció de control, el programa t'obliga a entrar el nom d'usuari i contrasenya creats, sinó, els botons de control del símbol del SEPAM apareixen com a inactius.

A la següent imatge es mostra la notificació que t'apareix quan selecciones el botó "1" i després entres el teu usuari i contrasenya.



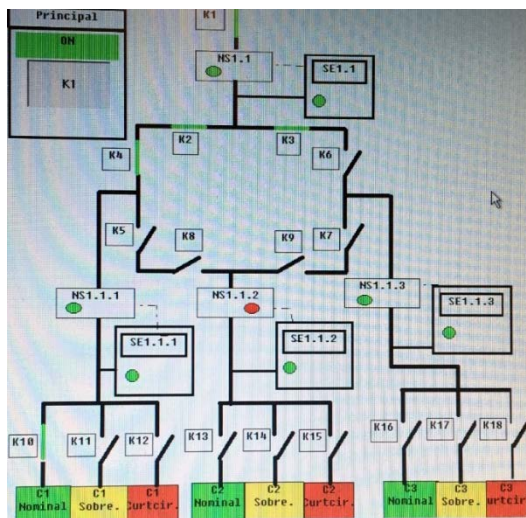
**Figura 65.**Control sobre el NS100 1.1 des del SCADA

Una vegada acceptat, el NS100 del SEPAM 1.1 estarà en estat tancat. S'ha de fer el mateix pel NS100 del SEPAM 1.1.1 i ja estarà tot el circuit tancat per a poder engegar bombetes des de la pantalla del PL7.

Quan ja està el circuit tancat, activem tres bombetes per a la línia 1. N'activem només tres, perquè ens interessa que es puguin visualitzar algunes variables a les taules. Si n'activéssim sis o nou i creéssim un defecte, els NS100 obririen tant ràpid el circuit que les taules s'haguessin tornat a posar a zero abans de poder capturar cap canvi.

Les bombetes s'han d'activar des del programa PL7 del PLC, ja que el SCADA no té accés a elles per a controlar-les o monitoritzar-ne l'estat, al no estar cablejades als SEPAM.

A la següent pantalla del PL7 es veu com s'ha activat el consum nominal de bombetes de la línia 1, mitjançant el contactor K10.



**Figura 66.** Activació de les càrregues de la línia 1

Ara que ja existeix un consum dins el sistema, les valors visualitzats fins ara a les pantalles canviaran, concretament els valors que llegeix el SEPAM S1.1 (Ja que és el de capçalera) i el SEPAM S1.1.1. que correspon a la línia 1.

A continuació es mostra la taula corresponent al SEPAM S82 de capçalera amb un consum nominal de corrent.

Aquesta imatge correspon a la pantalla *Supervisió de variables*.

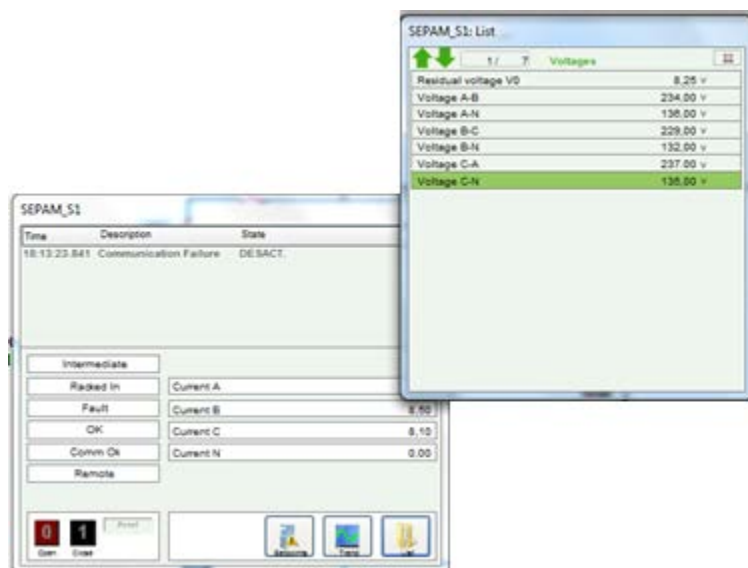
SEPAM 1.1 – S82							
MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIO (V)	132,00	132,00	135,00	234,00	229,00	237,00	
INTENSITAT (A)	8,50	8,50	8,10				
POTÈNCIA ACTIVA (W)	1,00	1,00	0,10				1,20
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	0,30	0,30	1,00				1,40
POTÈNCIA APARENT (VA)	1,10	1,10	1,00				1,90
FREQÜÈNCIA (Hz)	50,02						

**Figura 67.** Supervisió de variables del SEPAM S82 amb consum

No s'ha adjuntat la pantalla de *supervisió de variables i altres dades* ja que es casi idèntica a la de l'apartat anterior. Les taules dels NS100 i contactors no han canviat.

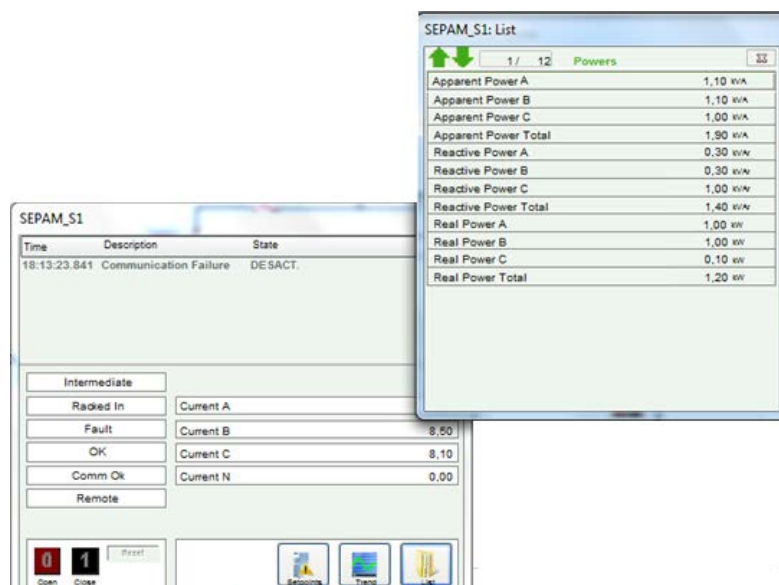
Tot i així, per a veure els valors de la taula de variables d'aquesta pantalla, generalment valors de pic, també es pot fer a partir de la pantalla de *l'esquema elèctric*. Fent doble clic sobre la figura d'un SEPAM o un mesurador, es despleguen un conjunt de llistes amb valors de variables en temps reals.

A continuació s'adjunta una imatge on es visualitza un de les llistes que conté els valors de tensió que llegeix el SEPAM S1.1. Els de corrent ja es mostren per defecte una vegada cliques sobre el SEPAM, sense necessitat d'obrir cap llista.



**Figura 68.** Llista de voltatges SEPAM S82

També es pot mostrar una llista que contingui tots els tipus de potències que el SEPAM pot llegir.



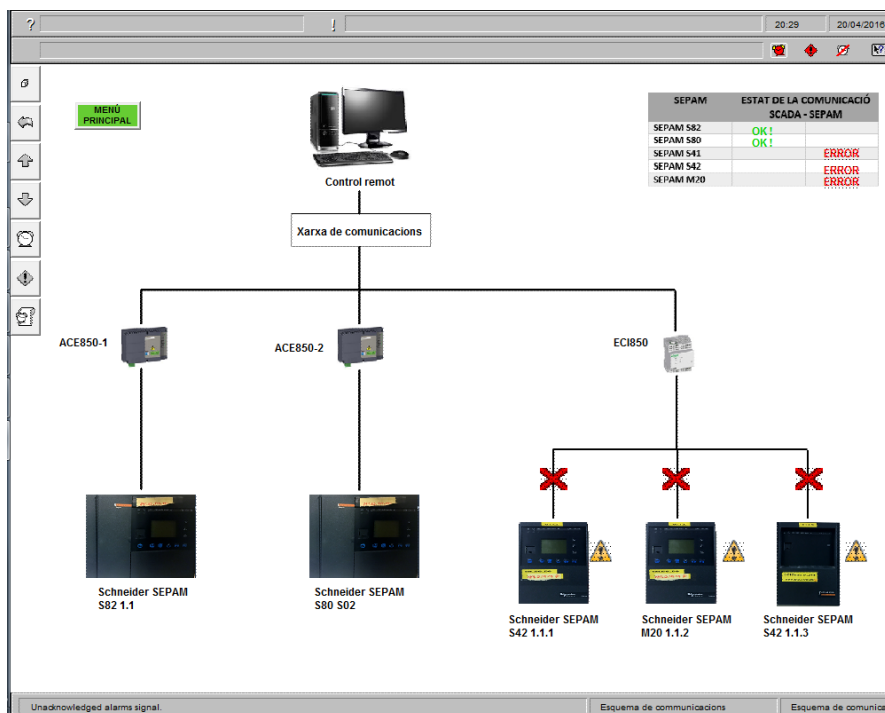
**Figura 69.** Llista de potències SEPAM S82

Per a acabar, provocarem un canvi a la pantalla *Esquema de comunicacions*.

Es desconnectarà l'interruptor automàtic que alimenta el SEPAM S111, SEPAM112 i SEPAMS113 per tal de que ens surti alguna alarma d'error en les comunicacions.

Tal i com es pot veure a la següent figura, al desconnectar aquests tres SEPAM el SCADA detecta que no pot comunicar amb aquests dispositius i per tant, mostra

la creu i la senyal d'alerta, segons els *tags* que es van definir. A la taula resum, també apareix el missatge d'error per cadascun d'aquests dispositius.



**Figura 70.** Pèrdua de comunicació dels SEPAM 1.1.1, 1.1.2 i 1.1.3

A la pàgina d'alarmes que el SCADA té predefinida també apareix el missatge d'error a les comunicacions com es mostra seguidament:

Date	Time	Equipment	Description	State	Location
20/04/2016	20:29:16.636	SEPAM_111	Communication Failure	Appea...	PCBased
20/04/2016	20:29:16.636	SEPAM_113	Communication Failure	Appea...	PCBased
20/04/2016	20:29:16.636	Sepam_112	Communication Failure	Appea...	PCBased

**Figura 71.** Menú d'alarmes després de la desconexió dels SEPAM

Observem com han quedat la resta de pantalles després d'haver desconectat els tres SEPAM, veiem que han deixat de transmetre informació.

Per exemple, a la pantalla *Supervisió de variables* surten tots els valors a 0 i marcats en vermell ja que s'ha perdut la connexió.

SEPAM 1.1.1 - M20							
MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIÓ (V)	0	0	0	0	0	0	
INTENSITAT (A)	0	0	0				
POTÈNCIA ACTIVA (W)	0	0	0				0
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	0	0	0				0
POTÈNCIA APARENT (VA)	0	0	0				0
FREQÜÈNCIA (Hz)	0	0	0				

SEPAM 1.1.2 - S42							
MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIÓ (V)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
INTENSITAT (A)	0.00	0.00	0.00				
POTÈNCIA ACTIVA (W)	0	0	0				0.00
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	0	0	0				0.00
POTÈNCIA APARENT (VA)	0	0	0				0.00
FREQÜÈNCIA (Hz)	0.00	0	0				

SEPAM 1.1.3 - S41							
MAGNITUDS	FASES SIMPLES			FASES COMPOSTES			TOTAL
	A	B	C	AB	BC	CA	
TENSIÓ (V)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
INTENSITAT (A)	0.00	0.00	0.00				
POTÈNCIA ACTIVA (W)	0	0	0				0.00
POTÈNCIA REACTIVA (Var)	0	0	0				0.00
POTÈNCIA APARENT (VA)	0	0	0				0.00
FREQÜÈNCIA (Hz)	0.00	0	0				

**Figura 72.** Supervisió de variables amb l'error de comunicació

El mateix passa amb a la pantalla *Supervisió de variables i altres dades* on es mostren els valors pic.

El SEPAM S80 té aquests valors a zero, ja que no està integrat dins del sistema com els altres SEPAM, sinó que a l'utilitzar-se per a fer proves de connexionat amb el telerruptor, no té connectats els blocs necessaris per a llegir corrent, tensió o altres dades perquè en aquell moment no va fer falta fer-ho. Consta a la taula, per si en un futur es vol prendre mesures amb ell.

#### VALORS PIC DE TENSIÓ, POTÈNCIA ACTIVA, REACTIVA I APARENT

VALORS PIC		SEPAM S82	SEPAM S80	SEPAM S41	SEPAM S42	SEPAM M20
POTÈNCIA ACTIVA (W)		2.30	0.00	0.00	0.00	0
POTÈNCIA REACTIVA (Var)		2.70	0.00	0.00	0.00	0
POTÈNCIA APARENT (VA)				0	0	0
FACTOR DE POTÈNCIA		0.050	327.670	0.000	0.000	0
INTENSITAT (A)	FASE A	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	FASE B	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	FASE C	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Figura 73.** Supervisió dels valors pic amb error de comunicació



## **CAPÍTOL 5:**

# **CONCLUSIÓ**

En el present treball de final de grau es van plantejar una sèrie d'objectius per a incrementar les prestacions que ja oferia el laboratori de proteccions elèctriques de mitja tensió situat a l'aula Schneider de l'EUETIB. Una vegada acabat, es pot afirmar que s'han complert els objectius definits al projecte.

El laboratori de proteccions elèctriques, podrà ser utilitzat per a ús docent ja que pot introduir als alumnes en el funcionament de les proteccions en una xarxa de distribució de mitja tensió.

Després de la realització d'aquest projecte, els alumnes tindran la possibilitat de treballar amb un sistema SCADA integrat al laboratori que podrà servir per ajudar-los a entendre l'ús i funcionalitat d'aquests sistemes, i de pas, aprendre a configurar concretament el PowerSCADA Expert v7.40 del fabricant Schneider Electric seguint el tutorial redactat als Annexes.

L'ampliació ha servit per a poder supervisar i controlar els estats i equips involucrats al laboratori de proteccions de forma remota des del SCADA. Això

suposa que l'usuari que hi està treballant, tingui en tot moment informació de l'estat en que es troba la plataforma docent i si aquesta està funcionant amb normalitat.

La integració d'aquesta interfície SCADA, suposa una diferència respecte als projectes anteriors que ja han treballat amb el laboratori. En el present projecte, s'ha pogut demostrar que l'ús del PLC ja no és imprescindible per a que aquest funcioni, sinó que a partir del SCADA i la lògica programable del cada SEPAM, es pot establir un control sobre els equips i estats, i per tant, en una pròxima ampliació, existeix l'opció d'abolir el PLC definitivament.

Pel correcte funcionament d'un projecte d'aquestes característiques, és imprescindible el bon funcionament de les comunicacions. L'estat d'aquestes és la part més important del projecte i per aquest motiu és recomanable anar revisant les connexions del cablejat periòdicament i comprovar que els mòduls de comunicació estan en bones condicions.

Gràcies a la realització d'aquest projecte, l'alumne ha pogut ampliar els seus coneixements en àmbits desconeguts fins el moment, com són alguns coneixements de proteccions elèctriques digitals, de programació, de xarxes de comunicació i de connexionat de components elèctrics.

## 5.1. Treballs futurs

Una vegada assumits els objectius que s'havien proposat fins al moment, i havent ampliat el coneixent de totes les possibilitats que pot oferir el laboratori de proteccions, es proposen unes ampliacions per a treballs futurs:

### **1.Substitució del SEPAM M20 pel S80 que hi ha disponible.**

Durant la realització d'aquest projecte, s'ha afegit al sistema, un SEPAM del model S80, però encara n'hi ha un restant que no s'ha instal·lat.

Es proposa la substitució del SEPAM M20 de l'anell ja que és un model senzill que ofereix menys prestacions al laboratori que els altres. A partir d'aquesta ampliació, el laboratori quedaria més actualitzat.

Si es vol, també existeix la possibilitat d'integrar el SEPAM S80(S2), afegit en aquest projecte per a fer proves, dins l'anell i utilitzar-lo per a substituir el model S41 o S41.

És recomanable canviar aquests models, pel fet d'així aconseguir tenir un laboratori amb SEPAMS més actuals, que també oferirien moltes més prestacions. Entre els avantatges està una millor adaptació a la IEC61850 per part dels dispositius model 80. Per altra banda, els SEPAMS a partir d'aquest, tenen l'afegit que es poden enviar missatges GOOSE entre ells i això, pot incrementar la funcionalitat del laboratori.

Si s'integressin els dos SEPAM model S80, dins el laboratori, cadascun aniria connectat a un model de comunicació ACE850 i per tant ja no seria necessària la passarel·la ECI850 que és antiga i dóna problemes de comunicació.

## **2.Cablejat de la monitorització del NS100.**

Donat que fins el moment no s'ha disposat del mòdul auxiliar per a la monitorització dels NS100, aquesta resta per a fer. Es proposa com ampliació ja que permetria al SCADA visualitzar aquests estats.

El procediment per a la monitorització dels interruptors NS100, estan explicats en el present projecte, que podria servir de guia per a fer-ho.

## **3.Creació d'un defecte a l'interior de l'anell.**

Ja que fins el moment, els defectes elèctrics es creen a les línies que alimenten les càrregues, ara es proposa crear un defecte elèctric dins l'anell i mostrar-ho a través de la interfície SCADA. Això es podria fer, tant programant el SCADA per a que simuli un defecte que no s'ha produït materialment, com provocant-ne un de forma externa.

## **4. Ampliació dels tutorials pas a pas**

Una opció a ampliar pot ser la revisió i ampliació dels tutorials redactats en el present projecte si s'amplien les funcions del SCADA.

## **5. Realització d'un manual de pràctiques amb SCADA.**

A partir del tutorial realitzat, es proposa la creació de guions de pràctiques que serveixin per a ús docent. De forma que l'alumnat pugui interactuar amb tots els equips del laboratori i el SCADA durant les sessions pràctiques de laboratori.

## **6. Retirada del PLC com sistema d'automatització**

Actualment, el laboratori es pot controlar des del PLC com estava fet antigament, i a partir de la interfície SCADA, per tant existeixen dos camins de control.

L'ampliació més important i complexa que es proposa, és l'abolició total del PLC. Això suposaria un recablejat integral del laboratori de proteccions i una reconfiguració dels equips del mateix. Aquest recablejat inclouria, per exemple, el mòdul de càrregues, que actualment només pot ser controlat a través del PLC.

El present projecte pot servir de guia per a dur-ho a terme aquest procés.

# CAPÍTOL 6:

## BIBLIOGRAFIA

### 6.1. Referències bibliogràfiques

[1] Projecte final de carrera "Desenvolupament d'un laboratori remot de proteccions elèctriques"[en línia]. Pau Manero Centellas. UPC Commons. 2012. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11294> >

[2] Projecte final de carrera " *Ampliación de un laboratorio de protecciones eléctricas en líneas de distribución*"[en línia]. Rubén Daniel Álvarez Muñoz.UPC Commons.2014. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22732> >

[3] Projecte final de carrera " *Ampliación de un laboratorio de protecciones eléctricas en líneas de distribución*"[en línia]. Rubén Daniel Álvarez Muñoz.UPC Commons.2014. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22732> >

[4] Projecte final de carrera "Desenvolupament d'un laboratori remot de proteccions elèctriques"[en línia]. Pau Manero Centellas. UPC Commons. 2012. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11294> >

[5] Axon Group, *Teoría de Protocolos IEC61850* [en línia]. Disponible a <[http://www.axongroup.com.co/protocolo\\_61850.php](http://www.axongroup.com.co/protocolo_61850.php) >

[6] Wikipedia, IEC61850 [en línia]. Disponible a <[https://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61850](https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61850) >

[7] Axon Group, *Teoría de Protocolos IEC61850* [en línia]. Disponible a <[http://www.axongroup.com.co/protocolo\\_61850.php](http://www.axongroup.com.co/protocolo_61850.php) >

## 6.2. Bibliografia de Consulta

Series 40 Protective Relays. *User's Manual 2007*

Sepam Series 40. *User Manual 2007*

Sepam Series 20. *User Manual 2007*

*Sepam Series 80. Medidas, protecciones, automatismo 2004*

Sepam SFT850 Schneider. *User's Manual 08/2006*

Schneider Electric. *CitectSCADA user guide*

Projecte final de carrera "*Laboratori remot de proteccions elèctriques*"[en línia]. Raül Pérez Martínez. UPC Commons. 2010. Disponible a <<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/11294>, 2010 >

Projecte final de carrera "Desenvolupament d'un laboratori remot de proteccions elèctriques"[en línia]. Pau Manero Centellas. UPC Commons. 2012. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11294> >

Projecte final de carrera " *Ampliación de un laboratorio de protecciones eléctricas en líneas de distribución*"[en línia]. Rubén Daniel Álvarez Muñoz. UPC Commons. 2014. Diposnible a <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22732> >

Gámiz,J. "Comunicaciones Industriales".UPC, Sistemas de Información y Comunicación Industrial.

Gámiz,J. "Sistemas SCADA y programación en C en el entorno SarpDevelop".UPC, Sistemas de Información y Comunicación Industrial.

Señis,Aleix. "Power Scada Expert 8.0", 2015.

CITCEA. "Norma IEC61850"[en línia].Disponible a < <http://es.slideshare.net/fnuno/resumen-iec-61850> >

Ruben Resquin,Antonio. "Aspectos relevantes para el modelado de nodos lógicos y objetos de datos de la norma IEC 61850".Fundación Parque Tecnológico Itaipu Paraguay.

Axon Group, Teoría de Protocolos IEC61850 [en línia].Disponible a < [http://www.axongroup.com.co/protocolo\\_61850.php](http://www.axongroup.com.co/protocolo_61850.php) >

Wikipedia. SCADA [el línia]. Disponible a < [https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA#Infraestructura\\_y\\_M.C3.A9todos\\_de\\_Comunicaci.C3.B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA#Infraestructura_y_M.C3.A9todos_de_Comunicaci.C3.B3n) >

Lordonez,Gabriel. Unidades terminales remotes (RTU) [en línia]. Disponible a < [http://www.oocities.org/gabrielordonez\\_ve/Unidades\\_Remotas\\_SCADA.htm#\\_top](http://www.oocities.org/gabrielordonez_ve/Unidades_Remotas_SCADA.htm#_top) >

Lordonez,Gabriel. Unidad terminal maestra (MTU) [en línia]. Disponible a < [http://www.oocities.org/gabrielordonez\\_ve/MTU.htm](http://www.oocities.org/gabrielordonez_ve/MTU.htm) >

Monografias. Sistema SCADA. [En línia]. Disponible a < <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml> >

Wikipedia. Sistema de control distribuido.[En línia]. Disponible a < [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_control\\_distribuido](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control_distribuido) >

Schneider Electric, Sepam série 20[en línia].Disponible a < <http://www.schneider-electric.es/es/product-range/933-sepam-serie-20/> >

Schneider Electric, Sepam série 20[en línia].Disponible a < <http://www.schneider-electric.es/es/product-range/934-sepam-serie-40/> >

Adamiak,Mark .IEC61850 Communication Networks and Systems in Substations [en línia]. Diponible a <<http://www.gegridsolutions.com/multilin/journals/issues/spring09/iec61850.pdf>>